N° 20 31 OCTOBRE 1933

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **Louis OLIVIER** (1890-1910) — DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923)

DIRECTEUR : **Louis MANGIN**, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. CH. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie.

Sur l'origine des taches solaires et de leur périodicité.

Le phénomène, d'une périodicité plus ou moins étendue jusqu'à devenir imperceptible, dont les étoiles à éclat variable offrent le spectacle, en ce qu'il accuse des fluctuations de la masse électrique des astres innombrables qui sont affectés de cette particularité, présente une trop parfaite analogie avec les fluctuations de la masse et de l'éclat du soleil qui correspondent au cycle undécennal des taches pour qu'il ne soit pas permis d'y voir la manifestation d'un phénomène universel.

En ce qui concerne le soleil, que les planètes comme les comètes jouent un certain rôle dans le processus du phénomène, diverses études et observations d'astronomes ne permettent pas d'en douter.

Ainsi en prenant pour base la différence entre la longitude héliographique d'un point fixe et son retour au bout de 25 jours et en l'ajoutant à la longitude de chaque tache au moment de son apparition, K. Birkeland a pu établir une corrélation nettement définie entre les fluctuations de l'activité solaire et les positions occupées par la terre pour les périodes de 1858 à 1865, de 1880 à 87 et de 91 à 98 [1]. Par d'autres méthodes, Balfour Stuvart, B. Lœwy, Warren de la Rue, A. Schuster et F. Stratton ont abouti à des résultats identiques [2].

D'autre part M. Deslandres a observé que les taches affectaient de se répartir suivant des faisceaux et que le magnétisme terrestre était tout spécialement affecté par le passage au méridien central du soleil des taches de l'un de ces faisceaux. Enfin il semble que la conjugaison du passage de Jupiter à son périhélie et du mouvement du périgée lunaire ne soit pas étrangère à la détermination des perturbations solaires, magnétiques et météorologiques secondaires dont la périodicité moyenne est de 35 ans [3].

Par contre, il semble qu'il y ait lieu de rejeter les autres hypothèses, telles que celle de Lockyer et Turnes qui attribue le phénomène à la chute de météores dont l'action oblique ferait même tourner le soleil, renouvelée de celle de Cyrano de Bergerac attribuant la rotation terrestre de la même manière à la pression de la radiation solaire dont il a eu le premier la notion claire [4], ou encore celle de Herschel et de Peirce le liant à l'accélération de la translation des taches, des hautes aux basses latitudes, qui paraît dû à ce qu'elles ont à parcourir une distance plus grande dans le même temps de rotation solaire.

Si l'explication par les planètes cependant ne suffit pas pour rendre compte du phénomène, c'est qu'un autre facteur plus agissant y est en cause.

Si l'on admet que les rayons du soleil sont assimilables à des courants électriques par la discontinuité des éléments qui les composent, il s'ensuit que le rayonnement solaire engendré, intensifié par la rotation de l'astre [5], un champ magnétique dont les

1. *Rapports au Congrès de physique* de 1900, t. III, p. 471.
2. *Proceedings of the royalty society of London*, t. XX, 1872, p. 210 et t. LXXXV, A. 1911, p. 309.
3. Cf. notre article sur *le cycle de Brüchwr*, 30 mars 1928.
4. Cf. dans son *Voyage à la lune*.
5. Phénomène de Rowland. Notre article sur *le Problème de l'attraction*, 15 octobre 1927.

lignes de force s'enchevêtrent à l'infini, constituant vraisemblablement le tissu fluidique de l'éther et faisant revêtir au système solaire la forme matérielle d'une masse électro-magnétique.

A l'avis d'Henri Poincaré les anomalies que présente le mouvement de la comète Encke seraient inexplicables sans l'existence d'un milieu matériel offrant de la résistance [6]. Au surplus une expérience de laboratoire a montré qu'il suffisait qu'une masse électrique soit en mouvement pour produire un champ magnétique [7].

Ainsi s'explique l'inclinaison des plans de rotation du soleil et des planètes dans l'axe du mouvement de leur translation séculaire, comme la résistance de l'eau à la marche rapide d'un bateau en soulève la poupe.

Dès lors on conçoit qu'une variation dans les distances des planètes puisse avoir un effet beaucoup plus sensible sur le soleil que si le champ magnétique ou interplanétaire n'existait pas.

Or si les novæ sont représentatives de la formation des systèmes de gravitation stellaires, l'impulsion donnée au système prépondérant par la force propulsive initiale, le fait admis que celle-ci continue à agir, et la résistance opposée au mouvement par les lignes de force du champ cosmique puis, finalement, leur répulsion ont pu déterminer une alternance d'extensions et de contractions des orbites planétaires et, consécutivement, de la masse électromagnétique du système solaire ayant pour effet de faire varier la tension électrique entre le soleil et les autres éléments qui entrent dans la composition du système, provoquant des décharges plus ou moins intenses. Henri Poincaré a reconnu l'existence de ces oscillations des grands axes des orbites planétaires [8].

De fait toutes les taches se présentent sous la forme de cratères volcaniques et pour que les corpuscules électrisés qui en émanent perturbent les éléments du magnétisme terrestre 48 heures après leur émission, avec la résistance qui s'oppose à leur assimilation aux pôles magnétiques, se manifestant par l'ionisation de l'air révélée par les aurores boréales, et dans la transmission de leur charge par les courants telluriques, il faut bien admettre que la vitesse initiale avec laquelle ils sont projetés avec une force capable de soulever et de disperser les éléments qui composent la photosphère sur une surface dépassant parfois les dimensions de la terre, imprime au phénomène le caractère d'une manifestation volcanique dont le foyer paraît être au centre même du soleil et l'origine dans les sources de la vie universelle.

Si donc le phénomène de la variation undécennale de la masse du soleil, comme celui des variations d'éclat des étoiles, présente l'aspect de pulsations, il semble bien que ces pulsations affectent le système solaire tout entier.

Léon Launat,
Membre de la Société astronomique de France.

6. Son article sur la stabilité du système solaire. *Annuaire du bureau des longitudes*, 1898.
7. *Philosophical magazine*, 5e série, t. XXVII, 1889, p. 445.
8. *Annuaire du bureau des longitudes*, même article.



La lumière des étoiles filantes.

I

Dans les nuits sereines, surtout en été, on assiste souvent à la chute d'une *étoile filante.* On voit une étoile, qu'on n'avait pas remarquée, se détacher des autres, se mouvoir rapidement et tomber au bout d'une ou deux secondes (ordinairement), après avoir parcouru une trajectoire de quelques degrés sur la voûte céleste. On sait que ces météores sont des corpuscules plus ou moins grands, très lumineux, qui traversent l'atmosphère et, le plus souvent, tombent sur le sol (et s'y enfoncent), ou restent à l'état de vapeurs dans l'atmosphère après avoir brûlé. Quelquefois ils éclatent et se désagrègent en plusieurs morceaux, ce sont les *bolides.*

Depuis des siècles, on a dit et enseigné que la lumière des étoiles filantes est due à l'échauffement produit par leur frottement considérable avec les couches atmosphériques à cause de la grande vitesse dont elles sont animées. Cette vitesse varie de 30 à 70 km. par seconde, mais sa valeur moyenne est à peu près de 42 km. On n'a jamais soulevé des doutes contre cette affirmation, que l'on trouve formulée ainsi dans le Traité de Cosmographie *Tisserand-Andoyer :*

« Un calcul facile montre que l'élévation de température qui en résulte, est suffisante pour porter à l'incandescence les matériaux de leur surface et même pour les fondre. C'est ainsi que ces météores deviennent rapidement lumineux ».

Cependant ces dernières années, un professeur italien [1] de mécanique rationnelle (très distingué d'ailleurs) a affirmé que cette théorie, qu'il appelle *thermique,* n'est pas soutenable pour plusieurs raisons. La lumière des étoiles filantes est *très blanche,* dit-il, au commencement; or, les corps incandescents ne donnent de la lumière blanche qu'à une certaine température fixe pour chacun d'eux, et qui, pour le fer et le nickel (dont se composent la plupart des météorites) est de 2.000° environ. Donc, quand un météorite apparaît à 80 km. de hauteur, il faut supposer qu'il a atteint une température aussi élevée; mais le frottement avec des couches si peu denses de l'atmosphère, pendant quelques secondes, ne peut produire un échauffement pareil. En outre, l'examen spectroscopique est contraire à l'hypothèse d'un corps solide porté à l'incandescence.

Ayant exclu la théorie thermique, le professeur italien y substitue une théorie que l'on pourrait appeler *électrique,* selon laquelle le météorite étant resté, pendant des milliers d'années, exposé au flux d'électrons qui émanent du soleil et ayant émis à son tour des électrons, prend une charge d'électricité positive plus ou moins grande. Ensuite il entre dans l'atmosphère et, quand il arrive à la couche que l'on appelle de Heaviside, à 80 km. de hauteur, couche très riche en électrons, il en est bombardé.

1. P. Burgatti, dans la revue *Cli Astri*, 1933.

Alors il devient lumineux d'une lumière très blanche, sans atteindre une température élevée, et disparaît après avoir brillé une ou deux secondes.

A l'appui de cette théorie il apporte ce fait qu'il a expérimenté et qu'il signale à l'attention des électriciens. Il prend une ampoule électrique à filament de charbon, très usagée, et il la frotte fortement avec les mains. La lampe devient alors lumineuse, lorsqu'on la croyait éteinte, et donne une lumière très blanche.

II

Cette singulière explication soulève une foule d'objections.

Avant tout, il n'est pas exact que les météorites apparaissent (comme lumineux) à 80 km. de hauteur. Cela peut arriver exceptionnellement, mais ordinairement ils apparaissent à 50, 60 km. de hauteur. Donc, la couche de Heaviside n'y entre pour rien. Ensuite la lumière des météorites n'est pas toujours *très blanche*, au contraire elle peut être rougeâtre, verte, etc.; mais, à cause de l'apparition subite il est naturel que l'on saisisse de préférence le blanc. Mais il faut absolument exclure que les météorites ne restent que pendant quelques secondes (5 à 6) dans l'atmosphère; cela aurait lieu s'ils tombaient *à peu près selon la verticale*, or il n'en est rien. Les corpuscules entrent *obliquement* dans l'atmosphère, ils y restent 20, 25, 30 secondes, deviennent lumineux pendant les deux ou trois dernières secondes, et tombent sur le sol. Ils ont donc le temps d'atteindre une température fort élevée (vu la grande vitesse dont ils sont animés) et de devenir lumineux par le frottement.

En effet, calculons le temps qu'emploie un corps tombant d'une hauteur égale au centième du rayon terrestre, *obliquement* sur la Terre jusqu'au point de chute. On peut considérer le cas où il arrive tangentiellement à la Terre, avec une vitesse de 42 km. par seconde (vitesse moyenne des météorites). Nous ne pouvons employer la formule qui donne la dépression de l'horizon. De même, nous ne calculerons pas la longueur d'un arc de parabole (à cause de la différence de la pesanteur, qui est minime). Nous appliquerons simplement le théorème de Pythagore au triangle rectangle dont un côté, le plus petit, est tangent à la sphère terrestre, et les deux autres sont le rayon de cette dernière et ce rayon augmenté de 1/100.

Nous aurons donc

$$10.201 - 10.000 = 201,$$

et la racine carrée

$$\sqrt{201} = 14,18.$$

Cette longueur est exprimée en centièmes du rayon; Donc

$$14,18 \times 63,70 = 903,27.$$

Nous avons supposé une vitesse constante de 42 km. par seconde, donc le temps que le météorite emploie à atteindre la Terre, en partant de la couche où le frottement devient sensible, est égal à $\frac{903,27}{42} = 21,50$ secondes.

Sans doute, il n'arrive pas que le météorite tombe toujours tangentiellement; il peut même se faire qu'il ne fasse que traverser notre atmosphère, s'y montrant comme très lumineux, etc. Mais, plus de temps il reste dans l'atmosphère, plus il a le temps de se chauffer jusqu'à l'incandescence et à la fusion. En effet, la plupart des météorites sont couverts d'une couche très mince (1 mm.) de matériaux fondus; c'est une espèce de vernis; mais tandis que l'extérieur porte des traces de fusion, l'intérieur du météorite est froid.

L'auteur, après avoir attribué à l'électricité la lumière des météorites, dit qu'il ne s'occupe pas de ce qui peut arriver dans la suite, c'est-à-dire de l'échauffement et de la fusion. Mais puisque les météorites tombent une ou deux secondes après leur apparition, ils n'ont pas le temps de subir de transformation.

L'auteur se pose ici la question suivante : « que « savons-nous des effets du frottement des corps qui « pénètrent dans l'atmosphère animés d'une très « grande vitesse? Une loi démontrée pour des con- « ditions ordinaires (de pression, etc.) vaut-elle pour « des cas exceptionnels? » Ce qui ne l'empêche pas d'appliquer aux météorites le cas très différent d'une ampoule électrique à filament de charbon.

En outre, il ne faut pas oublier que l'on rencontre des *pierres tombées du ciel*, dont l'origine météorique n'est pas douteuse, mesurant des milliers de mètres cubes; peut-on admettre qu'elles ont été le siège de phénomènes électriques? Et les bolides qui éclatent et quelquefois font des victimes... par l'électricité!

L'auteur ajoute l'argument déduit de l'examen spectroscopique, qu'on a pu faire quelquefois et qui, d'après lui, est *décidément contraire* à la théorie thermique. Remarquons avant tout que ces cas sont très rares et ne présentent pas toutes les garanties nécessaires. Mais, en quoi consiste la preuve déduite de l'examen spectroscopique? L'auteur dit que le spectre des corps solides et des *vapeurs* portés à l'incandescence est continu, tandis que les météorites donnent un spectre à raies brillantes et discontinu sur un fond absolument obscur. A la vérité, les vapeurs incandescentes, à la pression ordinaire, donnent précisément un spectre à raies brillantes sur fond obscur. Donc, c'est bien le cas des météorites qui sont entourés de vapeurs métalliques incandescentes.

Le fait est qu'à l'Observatoire de Arcetri (Florence), où l'on avait fait quelques essais, sur la proposition de l'auteur, on les a abandonnés, sans doute parce qu'ils n'étaient pas concluants.

Allons! pour nous, la théorie thermique est toujours ce qu'il y a de mieux pour expliquer la lumière des étoiles filantes.

Jean Boccardi.

§ 2. — Sciences naturelles.

Les pigments des bactéries pourpres photosynthétiques.

Les bactéries pourpres présentent un type de photosynthèse différant sous plusieurs aspects de celui des plantes vertes, mais dont l'étude peut fournir d'intéressants points de comparaison. Dans ces organismes, la réduction photochimique de l'anhydride carbonique est liée à la disparition, dans le milieu, d'hydrogène sulfuré ou d'autres composés sulfurés ou organiques. Comme tous les processus photosynthétiques sont caractérisés par le fait que les organismes produisent un ou plusieurs pigments capables d'absorber l'énergie radiante nécessaire à la réduction photochimique de CO^2, l'étude comparative de la chimie de ces pigments s'impose. M. C. B. van Niel s'est attaché depuis plusieurs années à celle des pigments des bactéries pourpres dans divers laboratoires de l'Institution Carnegie [1].

Pour les obtenir en quantités suffisantes, il a d'abord dû traiter des masses considérables de bactéries; celles-ci n'ayant pas toutes la même coloration, il a fait usage de cultures pures seulement et s'est adressé à une Athiorhodacée, identique au *Spirillum rubrum* ou très proche voisine. Etant donnée l'extrême oxydabilité des pigments, toutes les opérations d'extraction ont été conduites dans le vide ou dans une atmosphère d'azote. Les quantités obtenues sont très faibles (26 mgr. seulement) et les méthodes de la microchimie ont dû être employées pour leur étude.

L'auteur a isolé enfin un pigment cristallisé qui donne de magnifiques solutions pourpres dans le sulfure de carbone. L'analyse chimique montre qu'il ne contient ni soufre, ni azote. Il est si sensible à la lumière ultra-violette qu'il a été impossible d'étudier son spectre d'absorption dans cette région, et on a dû se borner à l'étude dans le spectre visible. Celle-ci montre que ce composé représente encore un mélange, et d'après le chromatogramme d'absorption on se trouve très probablement en présence de trois pigments : un brun, un pourpre et un rouge. Mais ce ne sont pas tous des hydrocarbures : l'un au moins contient de l'oxygène, comme le xanthophylle des feuilles vertes.

La présence d'un pigment brun dans les bactéries pourpres est intéressante d'autre part, car elle semblerait indiquer une relation entre celles-ci et les Phæobactéries.

L. Br.

1. *Yearbook*, n° 31 (1932), p. 190.

***

Les propriétés et la constitution des carotènes.

Le mécanisme de la photosynthèse dans la cellule vivante continue à faire l'objet de nombreuses recherches, qui s'orientent surtout dans deux directions : l'étude des relations énergétiques du phénomène, basée sur des considérations thermodynamiques, et celle des modifications chimiques ou moléculaires impliquées dans le processus. Dans cette dernière voie, de grands progrès ont été réalisés en ce qui concerne la chimie de la chlorophylle et des composés alliés; par contre, on est beaucoup moins renseigné sur le rôle des pigments jaune-orange, carotènes et xanthophylle, présents dans les chloroplastes et répandus d'ailleurs dans les tissus de la plupart des organismes vivants. C'est ce qui a engagé la Division de Biologie végétale de l'Institution Carnegie de Washington à entreprendre l'étude de ce dernier problème, en particulier des propriétés et de la constitution des carotènes [1].

On sait que la molécule de carotène présente un degré extraordinaire d'insaturation, dû à la présence d'un grand nombre de doubles liaisons $C = C$, qui est également la cause de sa couleur. Théoriquement, cette constitution laisse prévoir l'existence d'un certain nombre de carotènes isomères différents. On en a déjà trouvé deux dans les racines de carotte, et il était utile de s'assurer si les feuilles des diverses espèces de plantes ne contiennent qu'un seul et même carotène, ou si la structure moléculaire de cette substance varie avec chaque espèce.

M. H. M. Leicester a extrait le carotène des feuilles des plantes suivantes : figue noire (*Ficus carica* var. *hortensis*), carde (*Beta vulgaris* var. *cicala*), luzerne (*Medicago sativa*), choux-fleur (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), épinard (*Spinacia oleracea*), tournesol (*Helianthus annuus*) et betterave à sucre (*Beta vulgaris* var. *rapa*). Les rendements de ces différentes sources ont varié considérablement : de 0,002 à 0,01 % de la plante séchée, de sorte qu'il a fallu traiter plusieurs centaines de kg. de plantes fraîches pour obtenir assez de carotène pur pour les expériences.

La détermination exacte du nombre de doubles liaisons dans la molécule de carotène a été faite par M. J. H. C. Smith en évaluant le nombre d'atomes d'hydrogène absorbés par le corps sous l'influence d'un catalysateur au platine. Il a employé une microméthode qui permet de n'opérer que sur de très faibles quantités de substance, environ 2 mgr., tout en donnant des résultats exacts à 2 % près. On a ainsi reconnu que tous les carotènes de feuilles examinés ont le même degré d'insaturation : ils possèdent chacun 10 liaisons doubles dans leur molécule.

A titre de comparaison, les mêmes expériences ont été faites sur la lycopine, le pigment de la tomate, très analogue au carotène et qui possède d'ailleurs le même nombre d'atomes de C et d'H. Les essais d'hydrogénation ont montré que la lycopine contient 13 doubles liaisons, confirmant ainsi des résultats antérieurs.

Les méthodes optiques pouvant fournir des renseignements importants sur la structure des composés

1. Carnegie Institution of Washington, *Yearbook*, n° 31 (1932), pp. 186 et suiv.

isomères, M. Smith a cherché ensuite à déterminer le pouvoir rotatoire optique des carotènes soit de la racine de carotte, soit des feuilles de plantes. Il a rencontré de grosses difficultés dans cette détermination, à cause du caractère fortement absorbant des solutions d'un rouge intense de ces composés. Cependant, il est arrivé à la conclusion qu'aucun des carotènes de feuilles ne possède d'activité optique; par contre, le carotène des carottes et le dihydrocarotène sont dextrogyres; la rotation du premier varie suivant la méthode de préparation et peut s'élever à $[\alpha]^{18}_{6678} = +113°$; celle du second, dans les mêmes conditions, est de $+12°,7$.

Parallèlement, M. Smith, avec le concours de M. Milner, a étudié les spectres d'absorption des carotènes dans la région située entre 5.300 et 2.500 Å. Il n'a pas observé de différences significatives. Dans la région visible (5.300-4.000), les spectres d'absorption des carotènes de feuilles sont identiques; la longueur d'onde du maximum d'absorption pour le carotène des carottes est déplacée d'environ 25 Å vers le violet. Dans l'ultra-violet, les spectres d'absorption de tous les carotènes sont identiques. Les résultats qui précèdent semblent indiquer qu'il n'existe que deux formes de carotène dans la nature.

L'étude des solubilités dans l'hexane à 25° confirme cette conclusion : elle montre que le carotène des carottes est un mélange de deux formes, tandis que les carotènes des feuilles sont identiques.

D'après des recherches antérieures, la molécule de carotène semble constituée d'une longue chaîne droite d'atomes de carbone reliant deux noyaux, chacun d'eux contenant 10 atomes de C et 16 d'H. Pour élucider l'arrangement des atomes à l'intérieur de ces noyaux, M. Smith a étudié l'action de l'ozone sur la molécule de carotène. Par ozonisation, les divers carotènes fournissent tous de l'acide géronique, $CH^3.CO.CH^2.CH^2.CH^2.C(CH^3)^2.COOH$, et en quantités telles que la molécule contient certainement un groupe capable de donner ce composé. Cinq groupes possibles répondraient à cette condition; le plus probable est le suivant :

$$\begin{array}{l} CH^3.\underset{\underset{C}{\|}}{C}.CH^2.CH^2.CH^2.C(CH^3)^2.\underset{\underset{C}{\|}}{C}.CH = C \end{array}$$

qui se trouve dans le β-cyclocitral et la β-ionone, ce qui expliquerait d'ailleurs l'odeur de violettes qu'exhale le carotène partiellement oxydé.

M. Strain a soumis la lycopine à un traitement analogue par l'ozone, et il a obtenu entre autres de l'acide lévulinique $CH^3.CO.CH^2.CH^2.COOH$, et de l'aldéhyde lévulinique. On en déduit que la molécule de lycopine contient le groupe $CH^3.C(=C).CH^2.CH^2.CH=C$ ou un groupe voisin. L. Br.

*
**

Le développement des racines des arbres. — Le développement du système radiculaire des plantes herbacées ou ligneuses les plus utilisées par l'homme est à peine connu. Si l'on met à part un petit nombre de plantes, luzerne, betterave sucrière... étudiées notamment par de Gasparin, Aimé Girard..., il y a longtemps déjà, et, on peut bien le dire, en général à titre accessoire à propos d'une étude plus générale, rares sont les travaux entrepris de façon systématique sur cette question. Or, réfléchit-on assez que le travail de croissance souterraine qui se produit, invisiblement, au cours de la vie de la plante a une importance prépondérante, qui l'emporte, même, sur celle de la partie aérienne du végétal en ce sens que la racine peut, le plus souvent, continuer à vivre, si la tige est coupée vers le collet, et provoquer l'apparition de nouvelles tiges dues finalement à un afflux de sève amené par les racines?

On étudie avec un grand luxe de détails le mode de ramification des branches et rameaux, leur mode d'insertion sur la tige, les cycles foliaires, etc. : à part quelques banalités (le terme n'est pas trop fort) ou ne dit rien, ou à peu près rien — et pour cause — dans les traités de botanique, sur la façon dont se répartissent les racines suivant les espèces, suivant les terrains, suivant l'âge des sujets. Il convient cependant d'être juste à l'égard des « pépiniéristes » qui savent, par l'exercice quotidien de leur profession, que dans telle variété d'arbre fruitier les racines font un angle plus ou moins aigu par rapport à la verticale, renseignement des plus utiles à connaître lorsqu'il s'agit d'effectuer des plantations.

En ce qui concerne les essences forestières tropicales et les arbres ou arbustes de grande culture caféier, hevea, théier, cacaoyer, etc.), une étude approfondie vient d'être faite de la biologie de leurs racines par le Dr Ch. Coster, du Service forestier de Java [1].

Le point de départ des recherches entreprises par M. Coster a été la constatation de la mauvaise croissance des tecks (*tectona grandis*) dans certaines forêts javanaises : en en recherchant l'explication il a élargi peu à peu le champ de ses investigations.

Voci quelques-uns des résultats du travail de l'auteur.

Les graines d'arbres, semées en pépinière, furent repiquées dans un champ d'essai dont la structure physique était très uniforme. Après 6 mois les plants étaient déterrés minutieusement pour garder intacts les radicelles les plus fines. Les plantes étaient photographiées; les poids frais et sec des parties aériennes et souterraines étaient déterminés ainsi que la longueur du tronc et des principales racines.

Il fut constaté ceci :

Tout d'abord l'accroissement considérable pris au bout de très peu de temps par le système radiculaire. Ainsi, après 6 mois la longueur de la racine pivotante varie entre 0 et 438 centimètres avec une moyenne de 170 cm. L'accroissement journalier maxi-

1. Korte-Mededeelingen von het Boschbow, proefstation, Buitenzorg, 1932, n° 29; et Testona, Buitenzorg, 1932, decl. XXV, aff. 9, etc..., résumées in *Bull. intern. d'Agriculture*, Rome, juillet 1933.

mum est de 23,5 mm. et l'accroissement journalier moyen de 9,3 mm.

a) Certains arbres ont à la fois des racines pivotantes devenant vite très longues et des racines superficielles très bien développées, par exemple les espèces suivantes, qui sont soit des arbres d'ombrage soit des plantes pour engrais vert : *Enterolobium Saman, Albizzia falcata, Leucaena glauca, Indigofera galegoides, Tephrosia candida, T. maxima, T. Vogelii, Sesbania Sesban, Flemingia strobilifera.*

b) D'autres arbres ont une racine pivotante à croissance rapide mais très peu de racines latérales; l'auteur fait remarquer que les arbres de cette catégorie développent avec lenteur leurs organes aériens pendant leur jeunesse : *Acacia leucophlaea, Tamarindus indica, Dalbergia latifolia, D. Sisso.*

c) Enfin quelques espèces, peu nombreuses, n'ont pas de racine pivotante ou n'en ont qu'une très courte; toutes les racines étant dans un plan horizontal : *Cassia Leschnenaultiana, C. pumila, Crotalaria juncea.*

L'auteur a constaté que la longueur totale des racines latérales, le nombre des racines dépassant 1 mètre de longueur et la longueur de la racine pivotante sont caractéristiques pour une espèce donnée.

De nombreuses autres observations, extrêmement intéressantes, ont encore été effectuées, nous ne pouvons les citer dans cette courte note, mais cependant nous indiquerons en terminant le procédé utilisé par M. Coster pour déterminer la résistance des diverses plantes au manque d'oxygène dans le sol.

Des pots contenant des plants âgés de huit semaines furent immergés dans un bassin contenant de l'eau libérée de toute trace d'oxygène par addition, dans l'eau de la canalisation, de 0,4 gr. de sulfate ferreux ($SO^4Fe + 7H^2O$) par litre, la surface de l'eau étant ensuite recouverte d'une couche de paraffine liquide).

Le temps écoulé entre le commencement de l'expérience et la mort des plantes fut noté : il fut observé, par exemple, que la mort survint après 180 jours chez *Enterolobium Saman*, après une dizaine de jours seulement chez les différents *Desmodium.*

Les arbres à racines superficielles se montrent très peu résistants : *Tectona grandis, Santalum album, Ochroma Lagopus, Melia Azedarach.*

Le riz par contre, que l'on pouvait s'attendre à voir très résistant au manque d'oxygène est au contraire assez sensible; il meurt au bout d'une trentaine de jours; le sol des rizières et l'eau d'irrigation sont en effet beaucoup plus riches en oxygène qu'on pourrait le supposer.

M. R.

*
**

Le mercure d'Algérie [1].

Le mercure existe en divers points en Algérie : à Taghit, dans l'Aures; à Hamimate au N.-W. de Constantine; à Taya; mais le gisement le plus important et exploité rationnellement aujourd'hui est celui de Ras el Ma.

Le gîte de Cinabre de Ras el Ma découvert en 1853 est à l'état d'imprégnations irrégulières dans les grès, les marnes ou les calcaires bréchoides de l'Eocène supérieur. Les rendements furent d'abord très faibles; la production annuelle ne dépassa jamais 30.000 kg. de mercure jusqu'en 1925, époque à laquelle l'exploitation fut activement remise au point et l'usine de distillation complètement transformée. C'est ainsi qu'en 1930 il a été produit 11 tonnes 200 de mercure à partir de 11.750 tonnes de minerai brut. Les exportations de mercure d'Algérie proviennent exclusivement de Ras el Ma depuis quelques années : le tableau suivant en marque la progression.

Exportations de mercure d'Algérie.

1924	2.200	kilogr.	1929	400	kilogr.
1925	3.100	—	1930	10.600	—
1926	1.900	—	1931	42.900	—
1927	600	—	1932	51.200	—
1928	800	—	(9 premiers mois.)		

Ce métal est exporté en France en totalité, sauf 100 k. en 1930 et 1.500 k. en 1932 à destination de l'étranger.

Les quantités extraites depuis 1924 de la mine de Ras el Ma sont réellement importantes (113.700 kilogr.) et il faut tenir compte du mercure utilisé sur place au sujet duquel nous n'avons pas de renseignement précis.

L'industrie du mercure est malheureusement entravée par la baisse des cours. Le mercure algérien tend peu à peu à assurer les besoins de la consommation française, mais la production sans cesse croissante de la production algérienne a ému le cartel hispano-italien du mercure, principal fournisseur du marché français (121 tonnes sur 180 tonnes en 1931) et il a jeté ses stocks sur le marché mondial faisant baisser en dix-huit mois les cours internationaux de près de 70 %. La réaction française fut le contingentement des importations étrangères; mais cette mesure est insuffisante et l'Algérie demande l'établissement d'un droit d'entrée sur les importations étrangères en France dans le but d'éviter l'arrêt irrémédiable des exploitations.

M. R.

1. Dussert et Bétrer : Mines et Carrières en Algérie. *Bull. de la Ch. de Com. d'Alger.*

SUR LA THÉORIE DES RÉACTIONS EXPLOSIVES

Nous nous proposons de résumer ici rapidement la théorie des réactions explosives, que nous avons précédemment exposée dans différents périodiques scientifiques, en tenant compte des modifications que nous y avons récemment apportées [1].

PRINCIPE POSÉ A LA BASE DE LA THÉORIE : Pour décomposer une molécule explosive il faut lui fournir, comme à une molécule non explosive, une certaine quantité d'énergie. Cette énergie qui est l'énergie critique, ou chaleur d'activation, n'est pas nécessairement faible et peut être même plus grande que celle que l'on doit fournir, pour la décomposer, à une molécule non explosive [2].

La décomposition explosive n'existe donc que si la chaleur dégagée par la destruction des molécules est suffisante pour décomposer les molécules voisines. Ainsi le benzène, la diphénylamine, corps endothermiques, ne peuvent se décomposer avec explosion, l'énergie mise en liberté par la destruction d'une molécule étant insuffisante pour décomposer une autre molécule.

LES DIFFÉRENTS MODES DE DÉCOMPOSITION DES EXPLOSIFS SE DIFFÉRENCIENT PAR LA MANIÈRE DONT L'ÉNERGIE D'ACTIVATION EST APPORTÉE AUX MOLÉCULES.

1° MODE DE DÉCOMPOSITION :

La décomposition thermique.

L'énergie apportée par le chauffage lent de l'explosif dans toute sa masse, au bain d'huile par exemple, se répartit statistiquement entre les différentes molécules, suivant une loi analogue à celle de Maxwell Boltzman. Les molécules qui, par suite de cette répartition, reçoivent une quantité d'énergie équivalente à l'énergie critique se décomposent. Il n'y a pas d'ailleurs nécessairement une seule énergie critique pour une molécule, mais il peut y en avoir plusieurs, qui correspondent à des décompositions plus ou moins complètes de la molécule explosive. Aussi les produits de destruction observés dans la décomposition thermique sont-ils très souvent différents de ceux observés dans la décomposition explosive proprement dite.

On observe même souvent, en faisant varier la température, une modification de l'équation de décomposition de l'explosif, aussi avons-nous formulé des doutes sur l'exactitude des chaleurs d'activation des molécules explosives qui ont pu être calculées à partir des variations de la vitesse de décomposition à différentes températures [3].

En choisissant convenablement la température il est possible de décomposer lentement et entièrement un explosif, même si l'on opère avec un corps pour lequel il ne peut guère y avoir qu'une seule équation de décomposition, azoture de plomb par exemple. Ce fait montre bien que la décomposition d'une molécule isolée n'entraîne pas la décomposition de toute la masse de l'explosif. Nous avons d'ailleurs constaté que le choc des électrons à grande vitesse ou des rayons α du polonium ne provoque pas l'explosion de corps aussi sensibles au choc que l'iodure d'azote ou l'azoture de plomb. Il y a cependant et avec certitude décomposition de molécules isolées de l'explosif, décomposition qui se traduit par un noircissement de l'azoture de plomb ou de l'acétylure d'argent soumis au bombardement électronique [4].

Si on élève suffisamment la température du bain d'huile on observe la déflagration de l'explosif, mais la température de déflagration n'est pas une constante que l'on puisse déterminer avec précision. Les études exécutées, en particulier sur les explosifs d'amorçage (fulminate de mercure par exemple) ont montré qu'un abaissement de tem-

1. Voir : *C. R. Academ. des Sciences*, t. CXCIV, p. 280 (1932).
Bulletin de la Société chimique de France ; 4e série, t. XXXIX, p. 1711 (1926); t. XLI, p. 620 (1927); t. LI, p. 1152 (1932),
Chimie et Industrie : vol. XX, n° 4, oct. 1928 ; vol. XXIX, n° 3, Mars 1933; vol. XXX, n° 1, juillet 1933.
Nous n'avons étudié dans ces notes que le cas des explosifs solides, ou liquides, à l'exclusion des mélanges gazeux explosifs.

2. C'est dans ce sens que nous avons parlé de la stabilité des molécules explosives et en ne prenant pas le terme stabilité dans le sens thermodynamique. Au point de vue thermodynamique les explosifs sont instables; en effet la décomposition amorcée en un point se propage dans toute la masse, mais le terme instable s'applique ici non pas à une molécule isolée mais à un ensemble de molécules. Or, et bien que cette affirmation puisse paraître à première vue paradoxale, un système peut être instable, bien que composé de molécules stables (c'est-à-dire composé de molécules qui nécessitent pour être décomposées un fort apport d'énergie), il suffit que la destruction des molécules dégage une quantité de chaleur suffisante pour décomposer les molécules voisines. Nous ne saurions trop souligner qu'à notre avis il n'existe aucune différence essentielle entre une molécule explosive et une molécule non explosive et qu'il est vain de parler, comme on le fait encore trop souvent, d'équilibres instables, de tensions internes, de groupes explosophores, etc...

3. Voir: *Chimie et Industrie*, vol. XXIX, n° 3, mars 1933.

4. Voir : *Bulletin de la Société chimique de France* ; 4e série t. LIII, p. 443 et p. 612 (1933); *Chimie et Industrie*, vol. XXX, n° 1, juillet 1933.
MM. Pierre Auger et Francis Perrin nous ont fait cette remarque intéressante que si la décomposition d'une seule molécule pouvait entraîner la décomposition totale d'un explosif celui-ci ne pourrait pas être isolé, la décomposition d'une molécule devant se produire certainement de temps en temps sous l'action du rayonnement ultra pénétrant.

pérature peut être compensé par une durée plus grande du chauffage.

Pour le fulminate Garner et Hailes ont trouvé qu'en portant sur un graphique, en abscisse $\frac{1}{T}$, en ordonnée le logarithme du temps nécessaire pour obtenir l'explosion à la température T, on obtient une droite.

D'autre part à une température donnée le temps nécessaire pour obtenir l'explosion n'est pas fixe mais paraît osciller autour d'une valeur moyenne.

Ces résultats expérimentaux nous paraissent en accord avec l'hypothèse que nous avons formulée. (Impossibilité d'obtenir l'explosion par décomposition d'une molécule isolée.) Si en effet pour obtenir la propagation dans toute la masse il est nécessaire de décomposer *en un point* plusieurs molécules, la probabilité pour que cet événement se produise sera d'autant plus grande que la température choisie sera plus élevée.

Or le graphique de Garner et Hailes est justement un graphique de probabilité. (Il est identique à celui qui est obtenu dans l'étude de la variation de la vitesse de réaction en fonction de la température, phénomène réglé par la probabilité d'activation des molécules.)

D'autre part le fait qu'à une température donnée le temps nécessaire pour obtenir l'explosion n'est pas rigoureusement fixé mais paraît varier autour d'une valeur moyenne s'explique aussi très bien dans l'hypothèse formulée (effet de hasard).

2° MODE DE DÉCOMPOSITION :

La combustion.

Deux catégories d'explosifs.

1re *Catégorie :*

Comprend l'acide picrique, le trinitrotoluène, les poudres colloïdales, etc.[5].

L'énergie critique est apportée par le choc des molécules des gaz chauds émis par l'explosif en se décomposant. Conséquence : La vitesse de combustion est, en première approximation, proportionnelle au nombre de chocs moléculaires, c'est-à-dire à la pression. Pour les poudres colloïdales nous avons montré, en collaboration avec M. G. Aunis, que la loi qui règle la vitesse de combustion en fonction de la pression doit être mise sous la forme $V = a + bP$. Le terme a devenant négligeable à haute pression. Tout se passe comme si, à toute pression, une fraction de l'énergie était fournie directement à la poudre proportionnellement au temps et indépendamment de la pression. Nous avons montré que cet apport d'énergie ne se fait pas par rayonnement calorifique de la masse gazeuse car il est indépendant de la température des gaz émis par la poudre (température que nous avons fait varier, en modifiant la composition de la poudre, de 1.800° à 3.000°).

Peut-être cette fraction d'énergie est-elle transmise par conductibilité thermique (existence dans la couche de poudre qui s'échauffe sous le choc des molécules gazeuses et qui n'est pas encore gazéifiée de réations exothermiques qui échauffent par conductibilité la couché sous-jacente). On pourrait aussi admettre que pour les explosifs de cette catégorie un mécanisme de réaction par chaîne, peut exister *aux températures voisines de la température de décomposition*, les chaînes étant alors d'autant plus longues que la couche échauffée est plus épaisse c'est-à-dire que la vitesse de déplacement de l'onde de combustion est plus faible[6].

La vitesse de combustion est en relation avec la température des gaz émis.

Nous avons montré que pour les poudres colloïdales le logarithme de la vitesse de combustion est sensiblement une fonction linéaire de la température d'explosion[7]. Cette vitesse de combustion est toujours faible, de l'ordre de quelques centimètres par seconde sous des pressions de 2 à 3.000 kg. par cm³.

C'est ainsi que pour une poudre à la Nitroglycérine du type « sans dissolvant » nous avons montré, en collaboration avec M. G. Aunis, que les vitesses de combustion expérimentales étaient en accord avec une excellente approximation avec la formule :

$$V = 5,5 + 0,0547 \ P,$$

V représentant la vitesse de déplacement du front de l'onde de combustion en mm par seconde ;
P la pression en kilog par cm³.

A la pression ordinaire et pour les poudres colloïdales enflammées *en atmosphère inerte* la transmission de l'énergie paraît se faire principalement, par conductibilité.

Dans l'air le phénomène se complique, les gaz combustibles émis par la poudre en décomposition s'enflammant au contact de l'oxygène. Il faut ici

5. On remarquera que nous plaçons dans la même catégorie les explosifs nitrés (trinitrotoluène, acide picrique, etc...) et les poudres colloïdales.

Au point de vue du mécanisme par lequel la chaleur d'activation est apportée pendant la combustion aux molécules de l'explosif, il n'y a pas en effet de différence entre ces deux types d'explosifs. Dans les deux cas l'apport se fait par le choc des molécules des gaz chauds dégagés. L'unique différence réside dans le fait que, par suite de leur compacité qui les rend imperméables aux gaz, les poudres colloïdales brûlent par couches parallèles.

6. Sur une autre hypothèse voir *C. R. Acad. des Sc.*, t. CXCII, p. 227 (1931).

7. *C. R. Acad. des Sc.*, t. CLXXXVII, p. 289 (1928).

distinguer la vitesse de combustion (propagation de la surface vers le centre) de la vitesse d'inflammation (propagation à la surface) cette dernière qui dépend de plusieurs facteurs, rugosités de la surface, rayonnement calorifique plus ou moins grand de la flamme, ne varie pas nécessairement dans le même rapport que la vitesse de combustion proprement dite. Ainsi nous avons constaté que les poudres à forte teneur en Nitroglycérine qui donnent naissance à une flamme peu lumineuse (absence de carbone libre) brûlent plus lentement à l'air libre c'est-à-dire ont une vitesse d'inflammation plus faible que les poudres à faible teneur en nitroglycérine et forte teneur en centralite (diéthyldiphénylurée symétrique) dont la flamme est très lumineuse.

La vitesse de *combustion* mesurée sous pression dans la bombe est au contraire plus élevée pour les poudres du premier type.

2e *Catégorie* :

Comprend les explosifs d'amorçage.

Dans ces explosifs l'inflammation se transforme, même à l'air libre, ou avec une très faible résistance des parois, en détonation.

Pour certains de ces explosifs (azoture de plomb par exemple), on ne connaît même pas de régime de combustion [8].

Naturellement, le mode de transmission de l'énergie admis pour les explosifs de la première catégorie (apport par les chocs des molécules des gaz dégagés, proportionnel à la pression) doit toujours exister pour les explosifs d'amorçage mais nous admettrons que pour ces explosifs un second mode de transmission vient se superposer au premier et jouer, surtout aux basses pressions, le rôle principal. Nous avons en effet formulé l'hypothèse que dans ces explosifs la transmission de l'énergie se fait directement à travers la masse solide probablement par un mécanisme de réaction par chaînes (Energie Kette. Chaîne d'énergie de Christiansen) dû probablement à un phénomène d'induction moléculaire. *Ce mode de transmission étant indépendant de la pression des gaz dégagés la vitesse de combustion peut atteindre, même à l'air libre, une valeur suffisante pour que, par suite de l'inertie de l'air environnant, il se produise une surpression brusque, analogue à un choc, donnant naissance à l'onde explosive.*

Ce mécanisme de la transformation de l'onde de combustion en onde de détonation nous paraît être confirmé par les belles photographies obtenues par Laffitte et par Patry dans l'étude de la combustion à l'air libre du fulminate de mercure (*Thèse Patry*, Paris 1933, pages 76-77-78). En accord avec la théorie formulée on y voit l'onde de détonation prendre naissance non pas au front de l'onde de combustion mais en arrière de celui-ci, dans une région où les grains de fulminate brûlent déjà depuis un certain temps.

L'introduction d'un atome d'un métal lourd dans la molécule d'un explosif de la première catégorie (phénols nitrés par exemple) peut le transformer en explosif susceptible de détoner par simple inflammation (exemple : acide picrique → picrate de plomb). La présence d'un atome de métal lourd (Hg. Ag. Pb. Th.) paraît donc favoriser la naissance des réactions par chaînes.

Parmi les explosifs d'amorçage il paraît nécessaire de distinguer deux catégories :

Catégorie A. — La vitesse de transmission de l'énergie à travers la masse solide serait extrêmement grande, peut-être du même ordre que celle de l'onde explosive (plusieurs milliers de mètres par seconde). Pour ces explosifs (peu nombreux et dont le type est l'azoture de plomb) on ne connaît pas jusqu'ici de régime de simple combustion. Enflammé même en petites quantités (quelques centigrammes) l'explosif se décompose en produisant des effets brisants. Pour ces composés il n'existe pas de densité limite. Aux plus fortes compressions l'explosif détone par simple inflammation.

Catégorie B. — La vitesse de combustion est très grande, mais cependant beaucoup plus faible que celle des explosifs de la catégorie précédente. Enflammés à l'air libre ces explosifs peuvent brûler très rapidement sans détoner. Dans certains cas la vitesse de combustion est assez grande pour que, même à l'air libre et après une période de combustion vive plus ou moins longue, il se crée, par suite de l'inertie de l'air environnant, la surpression brusque, analogue à un choc qui donne naissance à l'onde de détonation (cas du fulminate de mercure).

Par inflammation dans un récipient même peu résistant (enveloppe de détonateur) on obtient très rapidement avec tous ces explosifs, après une période de combustion qui peut être extrêmement courte et par suite de la surpression brusque analogue à un choc, la naissance de l'onde de détonation.

Dans l'inflammation à l'air libre des explosifs d'amorçage la propagation doit se faire soit par l'onde de choc émise par chaque cristal, si cette onde de choc est assez puissante pour faire détoner le cristal voisin, et dans ce cas il y a détonation de toute la masse (explosifs de la catégorie A,

8. Nous désignons ici par combustion le phénomène que l'air observe en enflammant les explosifs ou les poudres colloïdales à l'air libre ou sous pression. Pour certains explosifs qui ne contiennent pas d'oxygène il ne s'agit naturellement pas d'une véritable « combustion ».

azoture de plomb) soit par les gaz chauds émis par chaque cristal en se décomposant, et dans ce cas il y a simplement combustion rapide de toute la masse (explosifs de la catégorie B, cas du fulminate de mercure brûlant sans détoner).

Enflammés librement dans le vide les explosifs de cette catégorie B non seulement ne détonent pas (impossibilité de la naissance de la surpression brusque) mais peuvent même ne brûler qu'incomplètement, les gaz émis par un cristal n'étant plus, par suite du refroidissement dû à la détente, à une température suffisante pour enflammer le cristal voisin (cas du fulminate de mercure).

Sur notre demande M. Schumacher a bien voulu effectuer au laboratoire du Prof. Hackspill, l'étude de la décomposition par surchauffe rapide dans le vide d'un explosif de la catégorie A (azoture de plomb) M. Schumacher a pu ainsi montrer que l'azoture de plomb se comporte tout différemment du fulminate et est capable de produire, même dans le vide de la trompe à mercure, des effets mécaniques très violents. Il n'est guère possible d'admettre que l'onde explosive puisse prendre naissance en l'absence de toute résistance extérieure et sur des quantités aussi faibles d'explosifs (de l'ordre de 20 à 30 milligrammes). Il semble donc bien nécessaire d'admettre que les explosifs de cette catégorie possèdent des vitesses de décomposition extrêmement grandes et du même ordre que celle de l'onde de détonation.

Comprimés très fortement certains explosifs d'amorçage de la catégorie B (fulminate de mercure) ne détonent plus par simple inflammation. La compression rend en effet plus difficile la naissance de l'onde explosive et la surpression brusque, due à la grande vitesse de combustion, devient insuffisante pour créer l'onde de détonation. Naturellement ces explosifs d'amorçage « surcomprimés » détonent sous l'influence d'une forte capsule de fulminate.

Nous avons vu que pour les explosifs d'amorçage de la catégorie A le phénomène de surcompression n'existe pas.

Certains mélanges explosifs, comme la poudre noire, peuvent brûler très rapidement sans donner naissance, même en vase clos, à l'onde explosive. Ces mélanges sont en effet incapables de prendre le régime détonant, même sous l'effet d'un détonateur.

3e Mode de décomposition :

La détonation.

A l'exclusion de quelques mélanges type poudre noire tous les explosifs peuvent détoner. Dans la détonation l'énergie nécessaire à la décomposition des molécules explosives est apportée brusquement par le passage d'une onde mécanique discontinue (onde de choc). Cette onde se transmet avec des vitesses considérables, pouvant atteindre 8.000 mètres par seconde. (Berthelot-Vieille-Le Châtelier-Jouget.)

A l'origine de l'onde de détonation il y a toujours un choc brusque : choc d'une balle de fusil, chute d'un poids, explosion d'une capsule de fulminate, surpression brusque due à une grande vitesse de combustion de l'explosif, choc d'une onde aérienne discontinue provoquée par l'explosion à distance d'une certaine quantité d'un autre explosif.

Le mécanisme de la naissance et de la propagation de l'onde de détonation a fait l'objet de différentes hypothèses.

Par analogie avec la théorie adoptée dans le cas des mélanges gazeux explosifs, on a parfois admis que l'onde, en comprimant adiabatiquement l'explosif, porte celui-ci à sa température de décomposition, mais la faible compressibilité des solides ne doit pas permettre d'atteindre les températures de 250° à 300° qui seraient nécessaires pour obtenir la décomposition de l'explosif.

On a aussi parfois admis que le mécanisme de la détonation devait être le même que celui de la combustion. La vitesse de la combustion étant, en première approximation, proportionnelle à la pression, les grandes vitesses observées auraient pour cause l'existence de pressions très élevées dans l'onde de détonation. Mais si nous prenons pour base une vitesse de combustion de 6 cm par seconde sous 1.000 kg par cm^3, vitesse observée avec les poudres colloïdales ordinaires, une vitesse de détonation de 6.000 mètres par seconde correspondrait à une pression dans le front de l'onde de 100.000 tonnes par cm^3 ! ce qui est évidemment inadmissible.

La naissance et la propagation de l'onde explosive peuvent s'expliquer facilement si on admet la possibilité d'*une transformation directe de l'énergie de translation des molécules en énergie d'activation*. D'après J. et F. Perrin si deux molécules se rapprochent avec une grande rapidité l'une d'elles peut s'activer par suite d'un phénomène d'induction moléculaire. Le choc produisant des déplacements relatifs rapides aurait pour conséquence l'activation d'une partie des molécules, celles-ci en se décomposant créeraient la surcompression brusque nécessaire pour déplacer et activer les molécules de la couche suivante et ainsi de suite.

On sait qu'en comprimant un explosif on rend de plus en plus difficile la naissance de l'onde de détonation. Pour certains explosifs même (mélanges à base de nitrate d'ammoniaque par exemple)

une forte compression suffit pour empêcher toute propagation de l'onde explosive (Densité limite de Dautriche). Ces phénomènes s'expliquent très facilement dans la théorie proposée puisqu'en comprimant très fortement un explosif on rend plus difficiles les mouvements relatifs des molécules et par conséquent la naissance et la propagation de l'onde de détonation.

Observations au sujet de la sensibilité au choc des explosifs

La grande sensibilité au choc de certains explosifs (explosifs d'amorçage) peut très bien et contrairement à ce que l'on admet le plus souvent, ne pas correspondre à une fragilité particulière de la molécule de ces explosifs.

(L'azoture de plomb très sensible au choc ne se décompose qu'à 300°).

Cette grande sensibilité au choc nous paraît plutôt due à ce que la décomposition d'un nombre relativement faible de molécules suffit pour entraîner la décomposition de toute la masse par un mécanisme de réaction par chaînes.

Dans le cas de l'azoture de plomb il semble que pour obtenir la décomposition totale le nombre de molécules à décomposer en un même point soit relativement faible (Garner et Gomm admettent que la décomposition de 4 molécules est suffisante [9]. Le petit nombre de molécules à décomposer dans ce cas et la formation de chaînes expliqueraient pourquoi, malgré sa température de décomposition élevée, l'azoture de plomb est un corps très sensible au choc.

L'hypothèse formulée expliquerait aussi pourquoi la simple rupture d'un gros cristal d'azoture de plomb suffit pour entraîner sa décomposition explosive, phénomène qui, il importe de le remarquer, n'implique pas non plus une fragilité particulière de la molécule de l'azoture.

En effet la rupture d'un cristal doit entraîner, aussi bien pour un corps non explosif que pour un corps explosif, la décomposition de plusieurs molécules, mais ce n'est que dans le cas du transport de l'énergie d'activation dans toute la masse, par un mécanisme de chaînes, que la réaction peut se propager dans tout le cristal.

Les explosifs de la première catégorie (acide picrique, trinitrotoluène, etc.) pour lesquels il ne paraît pas exister de décomposition par chaîne, sont moins sensibles au choc que les explosifs d'amorçage parce que l'explosion ne se produit ici qu'au moment où la chute du mouton provoque la décomposition d'une fraction assez importante du produit pour entraîner l'inflammation rapide sous pression du reste de l'explosif.

En dehors de l'effet purement thermique, toujours possible, l'effet du choc du mouton, ou l'effet du frottement, doit consister comme nous l'avons indiqué au paragraphe « Détonation », en une activation des molécules sous l'action de leurs déplacements relatifs rapides. A notre avis cette action doit exister aussi bien pour les molécules explosives que pour les molécules non explosives, mais la décomposition de ces dernières s'effectuant sans dégagement de chaleur, ou même avec absorption, la destruction est limitée aux molécules activées et ne peut se propager dans toute la masse de la substance soumise au choc.

Nous venons d'essayer de réunir dans une théorie d'ensemble les différents phénomènes observés dans la décomposition des explosifs. Nos connaissances sur le mécanisme des phénomènes d'activation sont encore bien faibles et nous ne nous faisons pas d'illusions sur la part d'arbitraire qui peut exister dans quelques-unes des hypothèses formulées. Tout au moins cette théorie a-t-elle l'avantage, tout en étant en accord avec les récents progrès de la Chimie Physique, de donner une explication satisfaisante des différents phénomènes observés dans la décomposition des explosifs.

Henri Muraour,
Ingénieur en chef des Poudres.

(9) *Journal of the Chemical Society*, août 1931, page 2123.

LA TEMPÊTE DES « TRAVAILLEURS DE LA MER[1] »

I

La tempête contre laquelle lutte Gilliatt dans *Les Travailleurs de la Mer* est un des morceaux de prose de Victor Hugo les plus connus et figure dans toutes les anthologies. Les météorologistes lui doivent une examen particulier : c'est celui que nous comptons faire.

Mais avant d'étudier cette tempête, donnons quelque attention aux autres descriptions météorologiques des *Travailleurs de la Mer*. Elles sont assez nombreuses.

Voici d'abord des indications sur le climat de l'Archipel de la Manche :

Les archipels sont les pays du vent. Entre chaque île, il y a un corridor qui fait soufflet... Climat, un printemps répandu. L'hiver, soit; l'été, sans doute; mais sans excès; jamais de Sénégal, jamais de Sibérie.

A Guernesey en effet la température moyenne du mois le plus froid (janvier) est de + 6°2, celle du mois le plus chaud (août) 15°9. On a cependant observé + 30°5 et — 8°4 comme températures extrêmes. La neige tombe trente fois par an. Si bien que le début des *Travailleurs* contient une légère exagération :

La Christmas de 1862, fut remarquable à Guernesey. Il neigea ce jour-là. Dans les îles de la Manche, un hiver où il neige à glace est mémorable, et la neige fait événement.

Ce qui est vrai, c'est que la neige généralement ne séjourne pas sur le sol.

Gilliatt s'arrêtait au bord des champs près des laboureurs et au bord des jardins près des jardiniers, et il lui arrivait de leur dire des paroles mystérieuses : — Si le temps, le sixième jour de la lune, se comporte comme le quatrième ou comme le cinquième jour, il se comportera de même neuf fois sur douze dans le premier cas, et onze fois sur douze dans le second, pendant toute la lune.

Voilà la règle de prévision du temps bien connue sous le nom de règle du Maréchal Bugeaud. Le Maréchal l'avait énoncée en 1841 sous une forme un peu différente : « Quinze années d'observations m'ont appris que la Lune se comporte comme le quatrième jour 10 fois sur 12, comme le cinquième jour 11 fois sur 12, si le temps ne change pas au sixième ». J'ai indiqué dans *Les Méthodes de Prévision du Temps* qu'on ne peut guère avoir confiance dans l'efficacité de cette règle, qui, cependant conserve encore en France de nombreux partisans.

On sait qu'un phénomène météorologique joue dans les *Travailleurs de la Mer* un rôle aussi important que la tempête de Gilliatt : c'est le brouillard, qui permet au capitaine Clubin de perdre la *Durande*. Au sujet de ce brouillard, comme il le fera pour la tempête, Victor Hugo se complaît à faire étalage de sa science.

Voici, dans le Livre VI, un passage bien amusant, que certainement Victor Hugo n'a pas écrit ses documents météorologiques sous les yeux, car il confond tout. Sa mémoire, pour une fois, est infidèle.

Les brouillards ont été de tout temps craints des navigateurs. Dans certains brouillards sont en suspension des prismes microscopiques de glace auxquels Mariotte attribue les halos, les parhélies et les parasélènes.

Cela est exact, mais continuons.

Les brouillards orageux sont composites; des vapeurs diverses, de pesanteur spécifique inégale, s'y combinent avec la vapeur d'eau, et se superposent dans un ordre qui divise la brume en zones et fait du brouillard une véritable formation; l'iode est en bas, le soufre au-dessus de l'iode, le brome au-dessus du soufre, le phosphore au-dessus du brome.

Où Victor Hugo est-il allé chercher ces zones chimiques ?

Ceci, dans une certaine mesure, en faisant la part de la tension électrique et magnétique, explique plusieurs phénomènes, le feu de Saint-Elme de Colomb et de Magellan, les étoiles volantes mêlées aux navires dont parle Sénèque, les deux flammes Castor et Pollux dont parle Plutarque, la légion romaine dont César crut voir les javelots prendre feu, la pique du château de Duino dans le Frioul que le soldat de garde faisait étinceler en la touchant du fer de sa lance, et peut-être même ces fulgurations d'en bas que les anciens appelaient « les éclairs terrestres de Saturne ».

Les faits cités sont rapportés par divers auteurs et se trouvent dans les traités anciens de météorologie; les explications sont évidemment fantaisistes, et toutes les réminiscences, anciennes et modernes, jetées au hasard.

A l'équateur, une immense brume permanente semble nouée autour du globe, c'est le *cloud-ring*, l'anneau de nuages. Le *cloud-ring* a pour fonction de refroidir le tropique, de même que le Gulf-stream a pour fonction de réchauffer le pôle. Sous le *cloud-ring*, le brouillard est fatal. Ce sont les latitudes des chevaux, horse-latitude; les navigateurs des derniers siècles jetaient là les chevaux à la mer, en temps d'orage pour s'alléger, en temps de calme pour économiser la provision d'eau. Colomb disait : *Nube abaxo es muerte*. « Le nuage bas est la mort ». Les Etrusques, qui sont pour la météorologie ce que les Chaldéens sont pour l'astronomie, avaient deux pontificats, le pontificat du tonnerre et le pontificat de la nuée; les fulgurateurs observaient les éclairs et les aquiliges observaient le brouillard. Le collège des prêtres-augures de Tarquinies était consulté par les Tyriens, les Phéniciens, les Pélasges et tous les navigateurs primitifs de l'antique Marinterne. Le mode de génération des tempêtes était dès lors entrevu;

1. Un premier essai sur le même sujet a été publié dans *La Géographie* (janvier 1927).

il est intimement lié au mode de génération des brouillards et c'est à proprement parler le même phénomène. Il existe sur l'océan trois régions de brumes, une équatoriale, deux polaires; les marins leur donnent un seul nom : le *Pot au noir*.

Le *cloud-ring* des calmes équatoriaux n'est pas du tout les *horse-latitudes* des calmes tropicaux, ceux-ci dénués au contraire de nuages, et dont la sécheresse obligeait justement les navires à voiles à jeter à la mer les chevaux, à qui on ne pouvait plus donner à boire. Quant au *Pot au noir*, cette expression, réservée aux calmes équatoriaux couverts de nuages épais, n'a jamais été employée, que je sache, pour désigner les brumes polaires.

Les pronostics du brouillard, que cite Victor Hugo dans la conversation pittoresque du capitaine Gertrais-Gaboureau avec Sieur Clubin (*Livre V, Chapitre IX*), sont simplement l'énoncé de quelques pronostics empiriques de mauvais temps, et pas du tout de brouillard spécialement.

— Si c'était moi, je ne partirais pas. Capitaine Clubin, la peau des chiens sent le poil mouillé. Les oiseaux de mer viennent depuis deux nuits tourner autour de la lanterne du phare. Mauvais signe. Nous sommes au deuxième octant de la lune; c'est le maximum d'humidité. J'ai vu tantôt des pimprenelles qui fermaient leurs feuilles et un champ de trèfles dont les tiges étaient toutes droites. Les vers de terre sortent, les mouches piquent, les abeilles ne s'éloignent pas de leurs ruches, les moineaux se consultent. On entend les sons des cloches de loin. J'ai entendu ce soir l'angelus de Saint-Lunaire. Et puis le soleil s'est couché sale. Il y aura demain un fort brouillard. Je ne vous conseille pas de partir. Je crains plus le brouillard que l'ouragan. C'est un sournois, le brouillard.

Mais si, dès qu'il s'agit de science proprement dite, toutes ses affirmations sont un peu fantaisistes, Victor Hugo retrouve sa maîtrise admirable dans la description du phénomène. Alors il a fermé tous ses livres hâtivement lus, sa vision directe est son seul guide. Tout serait à citer dans cette description du brouillard. Contentons-nous des passages les plus significatifs.

Le temps était toujours clair et beau. Cependant les chalutiers rentraient...

Le vent était à peu près tombé.

Le passager guernesiais, qui tenait à la main une longue-vue, la braquait de temps en temps sur un petit flocon de brume grisâtre lentement charrié par le vent à l'extrême horizon à l'ouest, et qui ressemblait à une ouate où il y aurait de la poussière...

Le flocon de brume aperçu dans le lointain avait grandi. Il occupait maintenant sur l'horizon un segment d'environ quinze degrés. On eût dit un nuage se traînant sur l'eau faute de vent. Il n'y avait presque plus de brise. La mer était plate. Quoi qu'il ne fût pas midi, le soleil pâlissait. Il éclairait, mais ne chauffait plus.

...Le brouillard s'était développé. Il occupait maintenant près de la moitié de l'horizon. Il avançait dans tous les sens à la fois; il y a dans le brouillard quelque chose de la goutte d'huile. Cette brume s'élargissait insensiblement. Le vent la poussait sans hâte et sans bruit. Elle prenait peu à peu possesssion de l'océan. Elle venait du nord-ouest et le navire l'avait devant sa proue. C'était comme une vaste falaise mouvante et vague. Elle se coupait sur la mer comme une muraille. Il y avait un point précis où l'eau immense entrait dans le brouillard et disparaissait.

...Quelques minutes après, la *Durande* entrait dans le banc de brume.

Ce fut un instant singulier. Tout à coup ceux qui étaient à l'arrière ne virent plus ceux qui étaient à l'avant. Une molle cloison grise coupa en deux le bateau.

Puis le navire entier plongea sous la brume. Le soleil ne fut plus qu'une espèce de grosse lune.

Brusquement tout le monde grelotta. Les passagers endossèrent leur pardessus et les matelots leur suroît. La mer, presque sans un pli, avait la froide menace de la tranquillité. Il semble qu'il y ait un sous-entendu dans cet excès de calme. Tout était blafard et blême. La cheminée noire et la fumée noire luttaient contre cette lividité qui enveloppait le navire.

...Par intervalles de grandes lames de brume, qu'on eût dit cardées, survenaient pesamment et cachaient le soleil. Ensuite, il reparaissait plus pâle et comme malade. Le peu qu'on entrevoyait du ciel ressemblait aux bandes d'air sales et tachées d'huile d'un vieux décor de théâtre.

Vers deux heures, la brume était si épaisse que le capitaine dut quitter la passerelle et se rapprocher du timonier. Le soleil s'était évanoui, tout était brouillard. Il y avait sur la *Durande* une sorte d'obscurité blanche. On naviguait dans de la pâleur diffuse. On ne voyait plus le ciel et on ne voyait plus la mer.

...Il ne pleuvait pas, et l'on se sentait mouillé. On ne se rendait compte du chemin qu'on faisait que par une augmentation du malaise. Il semblait qu'on entrât dans de la tristesse. Le brouillard fait le silence sur l'océan; il assoupit la vague et étouffe le vent. Dans le silence, le râle de la *Durande* avait on ne sait quoi d'inquiet et de plaintif.

Vers trois heures le dessous de la brume commença à se soulever, et l'on revit de la mer.

— Je n'aime pas ça, dit le Guernesiais.

La brume en effet ne peut être soulevée que par le soleil ou par le vent. Par le soleil c'est bon; par le vent c'est moins bon. Or, il était tard pour le soleil. A trois heures, en février, le soleil faiblit. Une reprise du vent, à ce point critique de la journée, est peu désirable. C'est souvent une annonce d'ouragan.

...La mer était moins dormante sous la brume. On y entrevoyait quelques lames. Des lumières flottaient à plat sur l'eau. Ces plaques de lueur sur la vague préoccupent les marins. Elles indiquent des trouées faites par le vent supérieur dans le plafond de brume. La brume se soulevait, et retombait plus dense. Parfois l'opacité était complète. Le navire était pris dans une vraie banquise de brouillard. Par intervalles ce cercle redoutable s'entr'ouvrait comme une tenaille, laissait voir un peu d'horizon, puis se refermait.

II

Voici maintenant la fameuse tempête.

L'action se passe sur les Roches Douvres, auprès des îles Anglo-Normandes. C'est donc une tempête en Manche que Victor Hugo va décrire. Il connaissait bien ces tempêtes, les avait observées souvent à Jersey ou à Guernesey, mais il s'inspire aussi, comme nous le verrons, des récits de tempêtes tropicales, d'ordinaire plus terribles encore. Se souciait-il d'ailleurs de copier fidèlement la nature? Non sans doute, car il est resté toujours fidèle à la doctrine qu'il énonçait en ces

termes orgueilleux, le 12 juin 1833, dans l'*Europe Littéraire :*

« La nature est l'instrument de l'artiste. Pour s'en servir, il doit la connaître; mais lorsqu'il s'en sert pour créer, il l'assimile à sa propre substance, il l'*humanise* en quelque sorte, et la marque du sceau de son intelligence et de sa volonté. Le poète n'imite pas la nature, il imite Dieu. »

Victor Hugo la fait venir de loin, cette tempête des *Travailleurs de la Mer*, et minutieusement il en note les signes précurseurs, qui n'échappent pas à son héros. Gilliatt, ne l'oublions pas, « à force d'observation, de rêverie et de solitude, était devenu un voyant du temps, ce qu'on appelle un *weather-wise* ».

C'est d'abord la phosphorescence de la mer (*Les Avertissements de la Mer*). Le poète trouve de très justes images pour la décrire.

La mer était extraordinaire.
Il semblait que l'eau fût incendiée. Aussi loin que le regard pouvait s'étendre, toute la mer flamboyait. Ce flamboiement n'était pas rouge; il n'avait rien de la grande flamme vivante des cratères et des fournaises. Aucun pétillement, aucune ardeur, aucune pourpre, aucun bruit. Des traînées bleuâtres imitaient sur la vague les plis du suaire. Une large lueur blême frissonnait sur l'eau... A cette lumière les choses perdent leur réalité. Une pénétration spectrale les fait comme transparentes. Les roches ne sont plus que des linéaments. Les câbles des ancres paraissent des barres de fer chauffées à blanc. Les filets des pêcheurs semblent sous l'eau du feu tricoté. Une moitié de l'aviron est d'ébène, l'autre moitié, sous la lame, est d'argent. En retombant de la rame dans le flot les gouttes d'eau étoilent la mer. Toute barque traîne derrière elle une comète. Les matelots mouillés et lumineux semblent des hommes qui brûlent. On plonge sa main dans le flot, on la retire gantée de flamme; cette flamme est morte, on ne la sent point... L'écume étincelle. Les poissons sont des langues de feu et des tronçons d'éclair serpentant dans une profondeur pâle.

La phosphorescence est regardée par beaucoup de marins comme un signe de coup de vent prochain, et Bernardin de Saint-Pierre, qui était un observateur émérite, n'a pas manqué de la signaler comme signe précurseur du cyclone qui causa la perte du *Saint-Géran*, dans *Paul et Virginie*.

Victor Hugo note ensuite le bruit lointain que fait le vent sur la mer. (*A bon entendeur, salut.*)

Il lui sembla entendre, dans un lointain immense, quelque chose de faible et d'indistinct.

Le présage est connu depuis longtemps. « Si la mer murmure par intervalles, écrivait Pline, dans son Histoire naturelle, c'est l'annonce du mauvais temps. » Piddington, à l'autorité duquel se référera plus loin Victor Hugo, dit que la tourmente s'annonce par le rugissement éloigné des éléments, comme si les vents s'engouffraient sous une voûte. Ces grondements lointains rappellent le bruit de l'orage dans les cavernes.

Il faisait très beau temps.
La mer était douce et superbe; elle méritait tous les madrigaux que lui adressent les bourgeois quand ils sont contents d'elle, — « un miroir », — « un lac », — « de l'huile », — « une plaisanterie », — « un mouton ». — Le bleu profond du ciel répondait au vert profond de l'océan. Ce saphir et cette émeraude pouvaient s'admirer l'un l'autre. Ils n'avaient aucun reproche à se faire. Pas un nuage en haut, pas une écume en bas. Dans toute cette splendeur montait magnifiquement le soleil d'avril. Il était impossible de voir un plus beau temps.

Dans un chapitre antérieur (*Les ressources de celui à qui tout manque*), Victor Hugo a écrit, pour nous mettre en garde : « Une caresse préalable assaisonne les trahisons. De ces caresses-là, la mer n'est point avare. Quand on a affaire à cette femme, il faut se défier du sourire. »

A l'extrême horizon une longue file d'oiseaux de passage rayait le ciel. Ils allaient vite. Ils se dirigeaient vers la terre. Il semblait qu'il y eût de la fuite dans leur vol.

Sur les côtes, tous les marins croient que si les goélands et les mouettes volent à l'intérieur des terres, c'est signe de tempête, ainsi que l'indique un très vieux proverbe maritime.

Nombre d'oiseaux de mer se réfugiant à terre
Tempête va venir d'une forte manière.

Vers midi, le soleil lui sembla plus chaud qu'il ne devait l'être.

Il fait en effet très chaud avant les tempêtes : la chaleur est accablante et persistante (*de Sugny, Météorologie nautique*); la partie antérieure d'une dépression est caractérisée par un temps chaud, lourd, étouffant (*Abercromby, Principles of Forecasting*). C'est ce que le météorologiste norvégien Bjerknes, dans une savante théorie des tempêtes fort à la mode aujourd'hui, a appelé le *front chaud* des dépressions.

La mer était plus que tranquille, elle était stagnante. On n'y voyait pas une voile. Le ciel était partout limpide; seulement, de bleu il était devenu blanc. Ce blanc était singulier. Il y avait à l'ouest sur l'horizon une petite tache d'apparence malsaine. Cette tache restait immobile à la même place, mais grandissait. Près des brisants, le flot frissonnait très doucement... Une tempête approchait.

Ces observations sont classiques. Le commandant de Freycinet, dans un récit de tempête sur l'Atlantique Nord, écrit : « On apercevait au couchant plusieurs couches de nuages immobiles de mauvaise apparence. » « Le banc de nuages apparaît à l'horizon... l'atmosphère devient blanchâtre, laiteuse. » (*de Sugny.*)

Dans le Livre Troisième, intitulé *La Lutte*, Victor Hugo s'étend longuement sur ces signes précurseurs, et fait complaisamment étalage de sa science météorologique avant d'entrer dans le vif

de la tempête. Examinons donc, puisqu'il semble nous y convier, ce que vaut sa documentation.

Rien n'est menaçant comme l'équinoxe en retard.

Cette croyance à l'équinoxe est ancienne. Les équinoxes de printemps et d'automne (20 mars et 23 septembre) ont depuis longtemps la réputation d'être accompagnés de fortes tempêtes. Victor Hugo en avait déjà parlé, d'abord dans l'Introduction des *Travailleurs: L'Archipel de la Manche* (XVIII).

Le printemps de la mer a un nom farouche, il s'appelle équinoxe. Il est plus volontiers ouragan que zéphyr, et l'on pourrait citer un jour de mai où l'écume, sous ce souffle, a sauté vingt pieds au-dessus de la pointe du mât du signal qui est sur la plus haute plate-forme du château Cornet.

Puis au Livre IV, Chapitre VI :

L'équinoxe s'annonce de bonne heure dans la Manche. La mer apparaît comme un guet-apens; un clairon invisible sonne on ne sait quelle guerre; de grands coups d'haleine furieuse bouleversent l'horizon; il fait un vent terrible. L'ombre siffle et souffle; dans les profondeurs des nuées, la face noire de la tempête enfle ses joues.

Le chevalier de la Coudraye faisait déjà justice de ce préjugé au début du XIXe siècle : « Rien n'est plus faux, écrivait-il, et souvent les équinoxes se passent sans coup de vent. Il est vrai qu'en étendant la durée d'un équinoxe à quinze jours avant et quinze jours après sa venue, il est difficile, dans les saisons où ils arrivent, et rare en effet, qu'un aussi long temps se passe sans quelque gros vent. Combien de gens, pour avoir fait une remarque à une certaine époque, se sont imaginé que le même événement avait lieu tous les ans ! »

Le préjugé est tenace et reste fort répandu dans les différentes marines du monde. Sir Napier Shaw, directeur du Meteorological Office de Londres, pour combattre ce préjugé, a publié, dans *The Weather of the British Coasts*, un diagramme qui donne la fréquence des coups de vent observés sur la côte anglaise chaque jour de l'année. Cette fréquence n'augmente en aucune façon au voisinage des équinoxes. En 40 ans, sur les côtes d'Irlande, on a observé six coups de vent le 20 mars et le 23 septembre, alors que le 28 janvier et le 3 décembre on en a observé dix-sept pendant la même période. Sur la côte orientale anglaise, on a observé aux équinoxes, pendant 40 ans, deux coups de vent seulement.

Je dois signaler toutefois que d'autres résultats paraissent en faveur du préjugé, car en météorologie, comme dans toutes les sciences très complexes, il est difficile de se prononcer définitivement et avec certitude. Une des premières questions qui me furent posées, lorsque je fus nommé chef du service météorologique aux Armées pendant la guerre, fut la suivante : quel est le jour de l'année où il pleut le plus? L'état-major préparait alors la première bataille de la Somme et, en étudiant la très longue série d'observations météorologiques faites à Montdidier par les frères Chandon pendant 84 années (1784-1869), je trouvai que le 23 septembre avait été la date la plus pluvieuse : 48 fois sur 84, on avait observé de la pluie, c'est-à-dire 57 fois sur 100. Cette coïncidence avec l'équinoxe d'automne ne manqua pas de frapper les états-majors, qui avaient gardé le souvenir des mauvais temps de l'offensive de septembre 1915 en Champagne.

Il y a sur la mer un phénomène farouche, qu'on pourrait appeler les vents du large. En toute saison, particulièrement à l'époque des syzygies, à l'instant où l'on doit le moins s'y attendre, la mer est prise soudain d'une tranquillité étrange.

Encore un autre préjugé que l'influence des syzygies, c'est-à-dire des nouvelles et pleines lunes. Cette influence a été l'objet de nombreuses controverses. Sans avoir la prétention de terminer le débat, je pense avoir fait justice, après bien d'autres, de ce préjugé dans mon ouvrage sur les *Méthodes de Prévision du temps*.

Ce prodigieux mouvement perpétuel s'apaise; il a de l'assoupissement; il entre en langueur; il semble qu'il va se donner relâche; on pourrait le croire fatigué. Tous les chiffons marins, depuis le guidon de pêche jusqu'aux enseignes de guerre, pendent le long des mâts. Les pavillons amiraux, royaux, impériaux dorment.

Tout à coup, ces loques se mettent à remuer discrètement.

C'est le moment, s'il y a des nuages, d'épier la formation des cirrus; si le soleil se couche, d'examiner la rougeur du soir; s'il fait nuit et s'il y a de la lune d'étudier les halos.

Les cirrus, nuages déliés et transparents qui ressemblent à des plumes légères et qui se maintiennent à une grande élévation, sont considérés depuis très longtemps comme d'invariables précurseurs de mauvais temps. Christophe Colomb en avait fait la remarque, dit-on. Lorsque les cirrus s'épaississent et se transforment graduellement en un voile de cirro-stratus, ils donnent lieu aux phénomènes optiques appelés halos, cercles lumineux et irisés entourant le soleil et la lune, et qui étaient regardés déjà du temps de Pline comme signes de mauvais temps. Victor Hugo semble croire que les halos ne s'observent qu'autour de la lune : c'est une erreur, les halos solaires sont aussi fréquents.

La rougeur du soir : « les nuages immobiles avaient une teinte cuivrée et blafarde...; au moment du lever et du coucher du soleil, les nuages étaient remarquables par leur teinte rouge foncé et

violet...; un épais et noir rideau de nuages projetait sur le ciel des lueurs cuivrées. » (*de Freycinet.*)

Dans cette minute-là, le capitaine ou le chef d'escadre qui a la chance de posséder un de ces verres-de-tempête dont l'inventeur est inconnu, observe ce verre au microscope et prend ses précautions, contre le vent du sud si la mixture a un aspect de sucre fondu, et contre le vent du nord si la mixture s'exfolie en cristallisations pareilles à des fourrés de fougères ou à des bois de sapins.

Ce verre-de-tempête, ou *storm-glass*, est décrit dans le *Magasin pittoresque* d'avril 1864. Cet instrument consiste en un tube de verre scellé à ses deux extrémités et dans lequel on a mis un mélange d'alcool, de camphre, de nitrate de potasse et de sel ammoniac. Les constructeurs anglais bien connus, Negretti et Zambra, en confectionnèrent des centaines pour les navires anglais. L'amiral Fitz-Roy en fit le plus bel éloge. Victor Hugo a reproduit presque textuellement ses indications.

« Des expériences nombreuses, répétées pendant plus de trente ans, dit l'amiral, nous ont prouvé que si cet instrument est placé à poste fixe dans un appartement convenablement aéré, ou mieux encore en plein air, la substance qui se trouve dans le tube varie de forme et d'aspect suivant la direction du vent. Lorsque le courant atmosphérique passe au nord, de belles cristallisations en forme de feuilles de sapin, d'if ou de fougère, se développpent dans le tube. Quand, au contraire, le vent vient du sud, toutes les aigrettes, toutes les arborisations disparaissent et retombent au fond du tube, sous forme de précipité blanchâtre. Si la substance présente une apparence confuse, et si, dans le liquide moins limpide, on voit des cristallisations floconneuses ou des étoiles en mouvement, c'est l'indice d'un vent de sud-est fort, pouvant devenir un coup de vent. »

Des vérifications sérieuses ont infirmé les assertions de l'amiral Fitz-Roy. Cela n'empêche pas d'ailleurs l'instrument d'avoir, aujourd'hui encore, des partisans et j'ai entendu en Extrême-Orient des marins anglais le vanter comme permettant d'annoncer les typhons des mers de Chine.

Cependant la sérénité du ciel et de l'océan persiste. Le matin se lève radieux et l'aurore sourit... La sombre vision du possible latent est interceptée à l'homme par l'opacité fatale des choses. Le plus redoutable et le plus perfide des aspects, c'est le masque de l'abîme. On dit : anguille sous roche; on devrait dire : tempête sous calme.

Ces contrastes, ces antithèses naturellement ravissent Victor Hugo.

Dans le chapitre intitulé *Les Vents du large*, ainsi que dans les chapitres suivants, *Explication du bruit écouté par Gilliatt*, et *Turba Turma*, son imagination se donne libre carrière, et il nous jette à la tête, avec un enthousiasme qui fait sourire, toute sa documentation hâtive et superficielle, des références prises n'importe où, un débordement de termes techniques jetés au hasard. Laissons tomber la plus grande partie de ce fatras, mais signalons au passage les images qui nous paraissent justes, et les suites de mots qui ont le don d'évoquer la réalité. Disons-le d'ailleurs, il reste de cette avalanche d'épithètes, de phrases souvent plus sonores que pleines de sens, une impression d'ensemble saisissante.

Qu'on compare, par exemple, le passage suivant, avec la description bien connue de Chateaubriand du vent en forêt.

Les vents courent, volent, s'abattent, finissent, recommencent, planent, sifflent, mugissent, rient; frénétiques, lascifs, effrénés, prenant leurs aises sur la vague irascible. Ces hurleurs ont une harmonie. Ils font tout le ciel sonore. Ils soufflent dans la nuée comme dans un cuivre, ils embouchent l'espace et ils chantent dans l'infini, avec toutes les voix amalgamées des clairons, des buccins, des oliphants, des bugles et des trompettes, une sorte de fanfare prométhéenne. Qui les entend écoute Pan. Ce qu'il y a d'effroyable, c'est qu'ils jouent. Ils ont une colossale joie composée d'ombre. Ils font dans les solitudes la battue des navires. Sans trêve, jour et nuit, en toute saison, au tropique comme au pôle, en sonnant dans leur trompe éperdue, ils mènent, à travers les enchevêtrements de la nuée et de la vague, la grande chasse noire des naufrages. Ils sont des maîtres de meutes. Ils s'amusent. Ils font aboyer après les rochers les flots, ces chiens[1]. Ils combinent les nuages et les désagrègent. Ils pétrissent, comme avec des millions de mains, la souplesse de l'eau immense.

Je n'ai pas le courage d'analyser en détail le chapitre intitulé : *Explication du bruit écouté par Gilliatt*. J'ose à peine écrire ce que j'en pense : c'est une suite d'inepties. En voici un exemple, le reste est à l'avenant. Que peuvent bien signifier des phrases comme celles-ci ?

Le vent est multiple, mais l'air est un.
De là cette conséquence : tout orage est mixte. L'unité de l'air l'exige.

L'énumération des vents dans *Turba, turma* est risible. Je sais bien que ces trois pages ne sont là que pour aboutir à l'effet final habituel, aux trois petites lignes qui terminent le chapitre :

Toute cette horde arrivait.
D'un côté, cette légion.
De l'autre Gilliatt.

Mais que d'affirmations sans preuve, que de ragots, que de souvenirs confus d'ouvrages maritimes parcourus à la hâte, que de mots qui ne signifient rien, au milieu d'ailleurs de quelques

1. Il avait déjà écrit dans les *Châtiments* (*Cette nuit il pleuvait*) :

Les brisants aboyaient comme des chiens.

vérités. Comme Chateaubriand, Victor Hugo ne travaille pas toujours d'après nature, mais sur documents. Il avait, on le sait, la coquetterie de son érudition. Mais il ne remonte pas aux documents originaux. Ses sources principales, je crois les deviner, c'est le *Magasin Pittoresque*, et un petit livre de la Bibliothèque des Merveilles, intitulé les *Météores*, par Margollé et Zurcher, dont la première édition parut en 1865 (*Les Travailleurs* sont de 1866). Ce n'est pas une mince gloire pour ces excellents vulgarisateurs que d'avoir inspiré Victor Hugo ! Ils avaient aussi inspiré Michelet, qui, lui, cite leurs noms. Victor Hugo s'est d'ailleurs peut-être aussi souvenu de quelques passages de *La Mer*, qui avait paru en 1861. Comme Michelet, il personnifie les éléments, la mer, la tempête, le vent, et nous aurons l'occasion de faire quelques rapprochements entre les deux ouvrages.

Faut-il sourire ou se moquer devant « l'étrange vent propre au volcan Awa qui fait toujours surgir un nuage olivâtre du nord », ou devant « le vent électrique du Japon dénoncé par le gong » ? Qu'est-ce que « le vent de l'équateur qui passe par-dessus les vents alizés et qui trace une parabole dont le sommet est toujours à l'ouest » ? Faut-il y voir une confusion avec la trajectoire parabolique des cyclones tropicaux ?

Victor Hugo n'a pas inventé que le Pérou est une « région à ciel muet où jamais l'homme n'a entendu tonner ». « Le Pérou, où les habitants n'ont jamais entendu tonner », disent Margollé et Zurcher, et l'explication qu'ils en donnent est classique. La distribution géographique des orages est en rapport avec la distribution des pluies. Or la pluie est pour ainsi dire inconnue sur les côtes du Pérou. Les alizés du sud-est qui y soufflent ont en effet traversé, avant d'atteindre ses côtes, les hautes cimes des Cordillères qui les ont dépouillés de leur humidité. Humboldt aussi, dans son *Cosmos*, a signalé « le contraste singulier qu'offre la côte péruvienne, où il ne tonne jamais, avec le reste de la zone des tropiques, où presque chaque jour, à certaines époques de l'année, il se forme des orages, quatre ou cinq heures après la culmination du soleil. »

« Les tourbillons de fer des mers de Chine », assez peu connus des météorologistes d'aujourd'hui, sont cités par Zurcher et Margollé : « Dans la mer de Chine, écrivent-ils, les plus forts ouragans sont nommés tourbillons de fer. » « En voyant la trombe se gorger et s'enfler, écrit Michelet, absorber et vagues et vaisseaux, les Chinois l'ont conçue comme une horrible femme, la mère Typhon, qui, en planant au ciel, choisissant ses victimes, conçoit, s'emplit et se fait grosse, pleine d'enfants de mort, les *tourbillons de fer.* »

Les grains arqués du détroit de Magellan, observés par Horsburgh, se trouvent aussi dans Zurcher et Margollé.

« Le capitaine Page et ses sept trombes. » Voici la citation originale, empruntée à l'*Echo du Monde Savant*, tome premier :

« Un jour nous naviguions sur les côtes d'Espagne, non loin du cap de Sate, prêts à le doubler pour nous lancer dans le détroit de Gibraltar; le baromètre était fort haut, il marquait 29 pouces; la brise était incertaine, l'air sec et chaud, et de temps en temps, des rafales descendaient des montagnes; le ciel était de ce brillant azur qu'on ne rencontre que sur le climat de l'Andalousie. Tout à coup une violente agitation se manifesta dans l'atmosphère; le vent roula sur nos têtes avec un bruit semblable à celui d'une forêt agitée par la tempête et nous nous trouvâmes presque instantanément enveloppés de trombes. A droite, à gauche, devant, derrière, nous en comptâmes sept de diverses grandeurs, toutes s'élévant de la surface de la mer et montant en cône renversé, dont le sommet était d'abord tangent à l'eau, et la base vaguement terminée dans l'air. »

La bise à embranchements que les Anglais appellent *bush*, buisson.

Une confusion ici. Ce que les marins anglais appellent bush est le bouillonnement de l'eau occasionné par les trombes. Peltier, cité par Zurcher et Margollé, écrit : « Ces amas d'eau élevée en fumée tourbillonnante, ces jets ascendants et descendants, vus de loin, ont l'apparence d'un bosquet ou d'une charmille, que les navigateurs anglais ont nommé bush, buisson. »

Le vent chimique qui fait dans la nuée les pierres de tonnerre :

Victor Hugo fait sans doute allusion aux bolides ou aérolithes, que quelques physiciens anciens, comme Egen, Fischer, Ideler, pensaient être un produit de notre atmosphère.

Les vents qui jettent dans les rues de Gênes la poussière des plaines du Brésil :

C'est encore au *Magasin Pittoresque* (mars 1863) ou à l'ouvrage de Margollé et Zurcher que Victor Hugo a dû emprunter ce détail. Sur différents points de la Méditerranée, de l'Europe et de l'Asie occidentale, on a observé des chutes de poussières rougeâtres. Près de Lyon, par exemple, en 1846, une pluie de ce genre avait fait sensation. Ehrenberg, qui en fit l'analyse, crut découvrir que les substances organiques qui composaient cette

poussière provenaient plutôt des bords de l'Orénoque et de l'Amazone que de l'Afrique. Et voilà comment les rues de Gênes sont balayées par la poussière du Brésil.

Les vents porteurs de crapauds et de sauterelles qui poussent des nuées de bêtes par-dessus l'océan :

Il suffit encore de feuilleter le *Magasin Pittoresque* pour trouver plusieurs exemples, plus ou moins vérifiés, de ces pluies extraordinaires. Les auteurs anciens mentionnent plusieurs pluies de grenouilles et de crapauds. Le météorologiste Peltier raconte qu'à Ham, en 1835, il reçut un jour sur la tête des grenouilles apportées par une trombe. C'est le seul fait de ce genre dûment constaté. Les troupes de sauterelles transportées par le vent sont bien connues, et les dégâts qu'elles causent en Afrique ou dans le sud de l'Europe peuvent être considérables. On cite aussi, produites par les mêmes causes, des pluies de hannetons.

Les vents dont l'approche met en ébullition les salses et les solfatares de Calabre.

Zurcher et Margollé écrivent : « Vallisneri a remarqué que les salses et lés solfatares, dans le voisinage de Modène, annonçent les orages par une sorte d'ébullition et par des bruits semblables à ceux du tonnerre. »

III

Après ces digressions météorologiques un peu longues, nous abordons enfin la tempête proprement dite.

Gilliatt monta sur la Grande Douvre.
De là il voyait toute la mer.
L'ouest était surprenant. Il en sortait une muraille. Une grande muraille de nuée, barrant de part en part l'étendue, montait lentement de l'horizon vers le zénith. Cette muraille, rectiligne, verticale, sans une crevasse dans sa hauteur, sans une déchirure à son arête, paraissait bâtie à l'équerre et tirée au cordeau. C'était du nuage ressemblant à du granit. L'escarpement de ce nuage, tout à fait perpendiculaire à l'extrémité sud, fléchissait un peu vers le nord comme une tôle ployée, et offrait le vague glissement d'un plan incliné. Ce mur de brume s'élargissait et croissait sans que son entablement cessât un instant d'être parallèle à la ligne d'horizon, presque indistincte dans l'obscurité tombante. Cette muraille de l'air montait tout d'une pièce en silence. Pas une ondulation, par un plissement, pas une saillie qui se déformât ou se déplaçât. Cette immobilité en mouvement était lugubre. Le soleil, blême derrière on ne sait quelle transparence malsaine, éclairait ce linéament d'apocalypse. La nuée envahissait déjà près de la moitié de l'espace. On eût dit l'effrayant talus de l'abîme. C'était quelque chose comme le lever d'une montagne d'ombre entre la terre et le ciel.
C'était en plein jour l'ascension de la nuit.

Cette description, sur l'allure romantique de laquelle je n'ai pas besoin d'insister, correspond à ce que les marins appellent la *panne d'ouragan*. On aperçoit parfois à l'arrivée d'une tempête un amas considérable de nuages très épais, aux bords si bien limités que plusieurs navigateurs l'ont comparé à une terre lointaine, ou, comme Victor Hugo, à une muraille de nuées. Cette masse nuageuse grandit, s'étale peu à peu et finit par recouvrir tout le ciel. Les observations de pannes d'ouragan sont fréquentes sous les tropiques. Le célèbre navigateur anglais Dampier en avait donné, dès 1700, la description suivante : « Avant le commencement de la tempête, un nuage épais se forme; il est très noir auprès de l'horizon, d'une couleur cuivrée sur son bord supérieur, et de plus en plus clair à mesure qu'il approche du bord extérieur qui est d'un blanc très vif. L'aspect de ce nuage est très étrange, très effrayant, et il se forme quelquefois douze heures avant que la tempête n'éclate. Quand il commence à marcher rapidement, le vent s'établit presque immédiatement. »

Voici une autre description que nous empruntons à la description d'un cyclone fameux, observé à la Barbade, le 10 août 1831, et que Victor Hugo pouvait connaître, car elle est citée par Piddington, dont il parlera plus loin. « Un gentleman qui habitait Saint-Vincent depuis quarante ans, étant monté à cheval au point du jour, se trouvait à environ un mille de son habitation, lorsqu'il aperçut dans le nord un nuage d'une apparence si menaçante, que pendant sa longue résidence sous les tropiques, il n'avait jamais rien vu d'aussi alarmant; ce nuage lui parut d'une couleur gris olive. »

Victor Hugo avait-il pu observer lui-même la panne d'ouragan à Guernesey ? C'est possible, quoique le phénomène soit beaucoup plus rare dans nos régions. Les détails descriptifs accumulés ne sont pas inexacts, sauf cependant « l'escarpement tout à fait perpendiculaire à son extrémité sud », qui est, à mon avis, inventé et auquel je ne crois guère. Les peintres et les littérateurs se figurent souvent que tout est possible dans le monde changeant des nuages : c'est une erreur, les formations nuageuses ne sont pas aussi fantaisistes qu'ils le supposent.

Il y avait dans l'air une chaleur de poêle. Une buée d'étuve se dégageait de cet amoncellement mystérieux. Le ciel, qui de bleu était devenu blanc, était de blanc devenu gris. On eût dit une grande ardoise. La mer dessous, terne et plombée, était une autre ardoise énorme. Pas un souffle, pas un flot, pas un bruit. A perte de vue, la mer déserte. Aucune voile d'aucun côté. Les oiseaux s'étaient cachés. On sentait de la trahison dans l'infini.

Voilà bien la suite des signes précurseurs de tempête, notés déjà dans les chapitres précédents. Il fait toujours un calme stupéfiant, accompagné

d'un air chaud et étouffant. Le ciel qui de bleu était devenu blanc, avait marqué l'envahissement d'un voile de cirro-stratus. Maintenant ce voile s'est foncé peu à peu en alto-stratus gris ardoise. C'est la succession nuageuse typique.

Le grossissement de toute cette ombre s'amplifiait insensiblement.

La montagne mouvante de vapeurs qui se dirigeait vers les Douvres était un de ces nuages qu'on pourrait appeler les nuages de combat. Nuages louches. A travers ces entassements obscurs, on ne sait quel strabisme vous regarde.

La trahison de l'infini tout à l'heure, le strabisme des nuages maintenant, tout cet arsenal romantique fait sourire.

Cette approche était terrible.

Gilliatt examina fixement la nuée et grommela entre ses dents : J'ai soif, tu vas me donner à boire.

Passons. Tout cela est assez conventionnel.

Le silence était toujours profond. Les brins d'herbe dans les fentes de l'écueil ne bougeaient pas.

Autre façon de dire qu'il faisait toujours un calme absolu.

Brusquement le soleil disparut. Gilliatt leva la tête. La nuée montante venait d'atteindre le soleil. Ce fut comme une extinction de jour, remplacée par une réverbération mêlée et pâle.

Cette diminution du jour est saisissante sous les tropiques; elle est analogue à celle qu'on observe au moment des éclipses. Dans nos régions, elle est beaucoupp moins nette. « Vers trois heures, l'obscurité devint complète », dit Martial Merlin, décrivant l'ouragan de 1810, qui ravagea la Guadeloupe.

La muraille de nuées avait changé d'aspect. Elle n'avait plus son unité. Elle s'était froncée horizontalement en touchant au zénith d'où elle surplombait le reste du ciel. Elle avait maintenant des étages. La formation de la tempête s'y dessinait comme dans une section de tranchée. On distinguait les couches de la pluie et les gisements de la grêle.

L'imagination du poète va un peu fort et cette coupe verticale à travers la tempête, je me demande où il est allé la chercher.

Il n'y avait point d'éclair, mais une horrible lueur éparse; car l'idée d'horreur peut s'attacher à l'idée de lumière.

Laissons l'idée d'horreur de côté, ces lueurs éparses ont été parfois observées. Zurcher et Margollé citent un ancien auteur, qui écrit : « Quelquefois, vers le côté de l'horizon d'où arrive la tempête, on voit d'abord comme un nuage, flamboyant de la façon la plus étonnante, comme s'il se passait une entière conflagration de l'air et des mers. »

On entendait la vague respiration de l'orage. Ce silence palpitait obscurément. Gilliatt, silencieux lui aussi, regardait se grouper au-dessus de sa tête tous ces blocs de brume et se composer la difformité des nuages. Sur l'horizon pesait et s'étendait une bande de brouillards couleur cendre, et au zénith une bande couleur plomb; des guenilles livides pendaient des nuages d'en haut sur les brouillards d'en bas. Tout le fond, qui était le mur de nuages, était blafard, terreux, morne, indescriptible. Une mince nuée blanchâtre transversale, arrivée on ne sait d'où, coupait obliquement du nord au sud la haute muraille sombre. Une des extrémités de cette nuée traînait dans la mer. Au point où elle touchait la confusion des vagues, on apercevait dans l'obscurité un étouffement de vapeur rouge. Au-dessus de la longue nuée pâle, de petits nuages très bas, tout noirs, volaient en sens inverse les uns des autres comme s'ils ne savaient que devenir. Le puissant nuage du fond croissait de toutes parts à la fois, augmentait l'éclipse, et continuait son interposition lugubre. Il n'y avait plus, à l'est, qu'un porche de ciel clair qui allait se fermer. Sans qu'on eût l'impression d'aucun vent, une étrange diffusion de duvet grisâtre passa, éparpillée et émiettée, comme si quelque gigantesque oiseau venait d'être plumé derrière ce mur de ténèbres. Il s'était formé un plafond de noirceur compacte qui, à l'extrême horizon, touchait la mer et s'y mêlait dans la nuit. On sentait quelque chose qui avance. C'était vaste, lourd et farouche. L'obscurité s'épaississait.

Au milieu d'une telle abondance verbale, le météorologiste a peine à s'y retrouver. Nous sommes en présence d'un énorme cumulo-nimbus qui a recouvert presque tout le ciel. J'aime assez ces guenilles livides, pour désigner les fracto-nimbus, lambeaux de nuées basses et noirâtres, que les Anglais appellent des scuds. Un célèbre météorologiste, le Père Froc, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei (Chine), dit qu'ils ressemblent à des lambeaux d'étoffe noire, déchiquetée, ou à d'immenses chauves-souris glissant sournoisement au-dessus de l'horizon.

Le cumulo-nimbus est souvent coupé d'une mince nuée blanchâtre horizontale, une sorte de stratus, qui, par sa présence, révèle une instabilité particulière de l'atmosphère.

L'étouffement de vapeur rouge : le capitaine Prowd, de Stephey, dans le récit d'une tempête aux Indes orientales, écrit : « Ce qui fut le plus remarquable et le plus effrayant, le ciel devint étonnamment rouge et enflammé. » (Cité encore par Zurcher et Margollé.)

Les nuages qui volent en sens inverse sont un signe de pluie prochaine : c'est la forme même d'une règle ancienne de prévision du temps, dite du berger de Banbury.

Tout à coup, un immense tonnerre éclata... Aucun flamboiement électrique n'accompagna le coup. Ce fut comme un tonnerre noir.

Ce n'est pas là une invention de poète. Nous possédons plusieurs observations, parfaitement contrôlées, de tonnerre sans éclair. Kaemtz, dans son *Traité de Météorologie*, cite, par exemple, le fait suivant : « Le 19 juillet 1785, on entendit en

Allemagne une forte détonation; comme si l'on déchargeait rapidement plusieurs fusils à de courts intervalles; cette détonation n'avait été précédée d'aucun éclair. Un homme conduisant une voiture fut tué avec ses chevaux; un autre charretier, assis sur une voiture qui suivait la première, avait vu tomber les chevaux sans apercevoir d'éclair. »

Le silence se refit. Il y eut une sorte d'intervalle comme lorsqu'on prend position. Puis apparurent, l'un après l'autre et lentement, de grands éclairs informes. Ces éclairs étaient muets. Pas de grondement. A chaque éclair tout s'illuminait.

C'est ce qu'Arago a appelé des éclairs diffus.

Le mur de nuages était maintenant un antre. Il y avait des voûtes et des arches. On y distinguait des silhouettes. Des têtes monstrueuses s'ébauchaient, des cous semblaient se tendre; des éléphants portant leurs tours, entrevus, s'évanouissaient.
Une colonne de brume, droite, ronde et noire, surmontée d'une vapeur blonde, simulait la cheminée d'un steamer colossal englouti, chauffant sur la vague et fumant. Des nappes de nuées ondulaient. On croyait voir des plis de drapeaux. Au centre, sous des épaisseurs vermeilles, s'enfonçait, immobile, un noyau de brouillard dense, inerte, impénétrable aux étincelles électriques, sorte de fœtus hideux dans le ventre de la tempête.
Gilliatt subitement sentit qu'un souffle l'échevelait. Trois ou quatre larges araignées de pluie s'écrasèrent autour de lui sur la roche. Puis il y eut un second coup de foudre. Le vent se leva.
L'attente de l'ombre était au comble; le premier coup de tonnerre avait remué la mer, le deuxième fêla la muraille de nuée de haut en bas, un trou se fit, toute l'ondée en suspens versa de ce côté, la crevasse devint comme une bouche ouverte pleine de pluie, et le vomissement de la tempête commença.
L'instant fut effroyable.
Averse, ouragan, fulgurations, fulminations, vagues jusqu'aux nuages, écume, détonations, torsions frénétiques, cris, rauquements, sifflements tout à la fois. Déchaînement de monstres.

Déchaînement de mots, dirons-nous à notre tour. Cette page suffirait, si tel était l'objet de notre étude, à montrer les procédés de style assez artificiels, mais non sans effet, de Victor Hugo. Qu'en retenir au point de vue météorologique? Simplement sans doute la pluie qui commence après le premier coup de tonnerre. « On remarque souvent, écrit M. Angot dans son *Traité de Météorologie* bien connu, que la pluie commence avec violence dès qu'on a aperçu un éclair. Dans ce cas, l'averse commence par des gouttes extrêmement grosses, dont la dimension va ensuite progressivement en diminuant. La décharge électrique, qui constitue l'éclair, semble alors jouer un rôle important dans la production de la pluie, comme si les gouttelettes d'eau qui constituent le nuage, séparées par la répulsion électrique qu'elles exercent les unes sur les autres, se réunissaient immédiatement après la décharge, et formaient alors des gouttes assez grosses pour tomber avec une certaine vitesse. »

Le vent soufflait en foudre...

C'est là une expression maritime, peut-être un peu édulcorée.

La pluie ne tombait pas, elle croulait... Heureusement le vent arrivait du nord-ouest... Ce vent, qui est l'ancien vent de galerne, avait peu d'effet sur les roches Douvres... L'orage avait mal attaqué.

J'essaye de reconstituer le météore, et ce vent de nord-ouest me surprend. Le vent ne souffle généralement pas en Manche du nord-ouest au début d'une tempête, mais plutôt à la fin, et il n'amène pas la pluie continue, mais de larges éclaircies coupées d'averses.

Mais les attaques du vent sont courbes, et il fallait s'attendre à quelque virement subit.

Allusion assez vague à la rotation du vent pendant la tempête.

L'étourdissement de l'orage allait croissant. Toute la tempête est coup sur coup. C'est là sa force; c'est aussi son défaut. A force d'être une rage, elle donne prise à l'intelligence, et l'homme se défend; mais sous quel écrasement! Rien n'est plus monstrueux. Nul répit, pas d'interruption, pas de trêve, pas de reprise d'haleine. Il y a on ne sait quelle lâcheté dans cette prodigalité de l'inépuisable. On sent que c'est le poumon de l'infini qui souffle.

Des mots, toujours des mots.

Toute l'immensité en tumulte se ruait sur l'écueil Douvres. On entendait des voix sans nombre. Qui donc crie ainsi? L'antique épouvante panique était là. Par moments, cela avait l'air de parler, comme si quelqu'un faisait un commandement. Puis des clameurs, des clairons, des trépidations étranges, et ce grand hurlement majestueux que les marins nomment *appel de l'océan.*

Ici une confusion. Ce que les marins, surtout les marins anglais, désignent sous le nom d'*appel de la mer* est un bruit qui s'entend le long des côtes par beau temps et qui annonce une tempête. C'est plutôt le bruit qu'a entendu Gilliatt avant la tempête, et dont il a été parlé dans un chapitre antérieur. Michelet ne s'y est pas trompé : « Tout est calme, et dans ce silence, on surprend par instants des bruits roulants, qui s'arrêtent soudain. La mer vient au rivage plaintive et gonflée de soupirs. Parfois même, du fond, monte un bruit sourd... Ici sois attentif. « C'est l'appel de la mer. »

Les spirales indéfinies et fuyantes du vent sifflaient en tordant le flot; les vagues, devenues disques sous ces tournoiements, étaient lancées contre les brisants comme des palets gigantesques par des athlètes invisibles.

Ne sourions pas devant l'invraisemblance d'une pareille image.

L'énorme écume échevelait toutes les roches. Torrents en haut, baves en bas. Puis les mugissements redoublaient. Aucune rumeur humaine ou bestiale ne saurait donner l'idée des fracas mêlés à ces dislocations de la mer. La nuée canonnait, les grêlons mitraillaient, la houle escaladait. De certains points semblaient im-

mobiles; sur d'autres le vent faisait vingt toises par seconde.

Vingt toises font environ trente-neuf mètres. Le nombre est correct, sans être excessif. Des vitesses de soixante mètres par seconde ont été observées dans des cyclones et probablement dépassées. Quant au fracas de l'ouragan, on peut citer, entre autres autorités, celle de Reid, décrivant un ouragan aux Barbades : « Le hurlement horrible du vent, le grondement de l'océan... formaient un fracas épouvantable... Le bruit assourdissant de l'ouragan était impossible à décrire. »

La mer à perte de vue était blanche; dix lieues d'eau de savon emplissaient l'horizon. Des portes de feu s'ouvraient. Quelques nuages paraissait brûlés par les autres, et, sur des tas de nuées rouges qui ressemblaient à des braises, ils ressemblaient à des fumées. Des configurations flottantes se heurtaient et s'amalgamaient, se déformant les unes par les autres. Une eau incommensurable ruisselait. On entendait des feux de peloton dans le firmament. Il y avait au milieu du plafond d'ombre une espèce de vaste hotte renversée d'où tombaient pêle-mêle la trombe, la grêle, les nuées, les pourpres, les phosphores, la nuit, la lumière, les foudres, tant ces penchements du gouffre sont formidables.

On ne peut s'empêcher d'admirer une telle abondance d'images, toujours nouvelles et jamais épuisées. Et ce n'est pas fini.

Le bouleversement autour de lui était comme une chaudière qui bout.

« C'était toujours le hurlement d'une grande chaudière qui bout », avait écrit Michelet de la tempête d'octobre 1859 [1].

Par instants la foudre semblait descendre un escalier.

On sait qu'on a cru pendant longtemps que l'éclair était en zigzag. La photographie instantanée a révélé qu'il n'en est rien. L'éclair forme une ligne sinueuse tout le long de laquelle partent des ramifications instantanées.

Les percussions électriques revenaient sans cesse aux mêmes pointes de rocher, probablement veinées de diorite.

C'est là encore, à mon avis, une réminiscence de Zurcher et Margollé qui s'expriment ainsi :

« Suivant quelques météorologistes, la nature des terrains peut contribuer à rendre les orages plus fréquents. Dans le département de la Mayenne, il existe des masses de diorite qui renferment une proportion notable de fer et qui agissent sur l'aiguille aimantée. Il nous a été assuré que certaines communes voyaient toujours les orages les plus menaçants se dissiper à leur approche, ou les tourner dans certaines directions. Nous pensons que c'est dans l'action conductrice de plusieurs masses considérables de diorite qu'il convient de chercher l'explication de ce fait. »

Des recherches récentes ont d'ailleurs confirmé ces vues anciennes. C'est ainsi que dans les Pyrénées M. Bouget, qui a noté depuis trente ans tous les coups de foudre dont il a eu connaissance, a formulé la loi suivante : la position des lieux souvent foudroyés est en relation avec la nature des roches qui forment le sol; les roches siliceuses sont plus souvent frappées que les autres (*Revue Scientifique*, 22 novembre 1930).

Il y avait des grêlons gros comme le poing.

Rien d'exagéré dans cette comparaison. On a observé, d'une manière certaine, des grêlons qui avaient la dimension d'un œuf de pigeon, d'un œuf de poule et même d'une pomme. Volta rapporte que, dans une nuit du mois d'août 1707, il ramassa pendant un orage qui éclata sur la ville de Côme, plusieurs grêlons pesant 280 grammes. Le 2 octobre 1898, à Bizerte (Tunisie), à bord du navire *Tempête*, il est tombé des grêlons de la grosseur d'une carafe, qui pesaient 620 grammes, et même 1 kilogramme. Le 3 juillet 1897, en Styrie (Autriche), on en a recueilli qui, bien qu'ayant déjà commencé à fondre, pesaient encore 1.100 grammes. Il est dommage que Victor Hugo n'ait pas connu la grêle du 10 avril 1822 à Bangalore (Bengale), où les grêlons auraient atteint la dimension d'un melon, et surtout celle du 8 mai 1802 à Putzemischel (Hongrie), où l'on aurait vu tomber du ciel un bloc de glace de 1 mètre de long, 1 mètre de large et 0 m. 60 de haut, que huit hommes n'auraient pu soulever.

La tourmente était maintenant louest. Subitement, une grande clarté se fit, la pluie discontinua, les nuées se désagrégèrent, le vent venait de sauter, une sorte de haute fenêtre crépusculaire s'ouvrit au zénith, et les éclairs s'éteignirent; on put croire à la fin. C'était le commencement.

La saute du vent était du sud-ouest au nord-est.

La tempête allait reprendre avec une nouvelle troupe d'ouragans. Le nord allait donner assaut, assaut violent. Les marins nomment cette reprise redoutée *la rafale de la renverse*. Le vent du sud a plus d'eau, le vent du nord a plus de foudre.

Nous sommes donc maintenant au centre de la tempête. Le vent a soufflé d'abord du nord-ouest, puis de l'ouest, puis du sud-ouest, et le voilà qui saute au nord-est. Cette rotation du nord-ouest au sud-ouest est inhabituelle dans nos régions. Elle impliquerait une trajectoire allant de l'est à l'ouest, et par suite de la saute du vent au nord-est, présentant un point de rebroussement vers le sud-est. En tout cas, cette saute de 180 degrés montre que la trajectoire de la tempête passe juste sur les roches Douvres.

1. Voir J. Rouch : La tempête de Michelet (*Revue Maritime*, nov. 1931).

Un passage de l'Introduction sur l'*Archipel de la Manche* nous préparait à cette « rafale de la renverse » :

Il y a, dans ces parages, des coups de théâtre de l'Océan desquels il faut se défier. Celui-ci par exemple, qui est un des caprices les plus fréquents de la rose des vents du Channel Islands : une tempête souffle du Sud-Est; le calme arrive, calme complet; vous respirez; cela dure parfois une heure; tout à coup l'ouragan, disparu au Sud-Est, revient au Nord-Ouest; il vous prenait en queue, il vous prend en tête; c'est la tempête inverse. Si vous n'êtes pas un ancien pilote et un vieil habitué, si vous n'avez pas, profitant du calme, pris la précaution de renverser votre manœuvre pendant que le vent se renversait, c'est fini, le navire se disloque et sombre.

L'éclaircie relative dans les nuages se produit bien à ce moment-là, et, après le passage du centre, la tempête recommence de plus belle.

L'orage atteignait son paroxysme. La tempête n'avait été que terrible, elle devint horrible. La convulsion de la mer gagna le ciel. La nuée jusque-là avait été souveraine, elle semblait exécuter ce qu'elle voulait, elle donnait l'impulsion, elle versait la folie aux vagues, tout en gardant on ne sait quelle lucidité sinistre. En bas, c'était de la démence, en haut c'était de la colère. Le ciel est le souffle, l'océan n'est que l'écume. De là l'autorité du vent. L'ouragan est génie. Cependant l'ivresse de sa propre horreur l'avait troublé. Il n'était plus que tourbillon. C'était l'aveuglement enfantant la nuit.

Il y a dans les tourmentes un moment insensé; c'est pour le ciel une espèce de montée au cerveau. L'abîme ne sait plus ce qu'il fait. Il foudroie à tâtons. Rien de plus affreux. C'est l'heure hideuse. La trépidation de l'écueil était à son comble. Tout orage a une mystérieuse orientation; à cet instant-là, il la perd. C'est le mauvais endroit de la tempête. A cet instant-là, *le vent*, disait Thomas Fuller, *est un fou furieux*. C'est à cet instant-là que se fait dans les tempêtes cette dépense continue d'électricité que Piddington appelle la *cascade d'éclairs*.

Thomas Fuller est assez peu connu comme météorologiste. Il a publié une étude sur la Palestine, parue à Londres en 1666. La citation que fait Victor Hugo est dans Zurcher et Margollé : « Si les vents sont déchaînés dans une tempête, dit un vieux marin, Thomas Fuller, ils sont fous furieux dans les ouragans. » Piddington, par contre, est très célèbre dans la météorologie maritime. Il a écrit, à la suite d'une longue expérience des tempêtes tropicales, un ouvrage qui eut un grand succès au XIXe siècle : *Guide du marin sur la loi des Tempêtes*, ou *Exposition pratique de la Théorie et la loi des Tempêtes et de ses usages pour les marins de toute classe, dans toutes les parties du monde, et Explication de cette Théorie au moyen de roses d'ouragan transparentes et d'utiles leçons.* Voici le passage de cet ouvrage auquel Victor Hugo fait allusion : « Dans la mer de Java, des éclairs multiples s'écoulent des nuages, semblables à une cascade lumineuse. »

C'est à cet instant-là qu'au plus noir de la nuée apparaît, on ne sait pourquoi, pour espionner l'effarement universel, ce cercle de lueur bleue que les vieux marins espagnols nommaient l'Œil de Tempête; *el ojo de tempestad.* Cet œil lugubre était sur Gilliatt.

Ceci n'est pas à sa place : l'œil de la tempête aurait dû être cité plus haut, au moment du passage du centre. Le capitaine Salis le décrit ainsi, dans un cyclone qu'il reçut à bord du paquebot *Les-Mers-du-Sud :* « Tandis qu'il y avait une couche épaisse de nuages autour de nous, le ciel était assez clair sur nos têtes pour que nous puissions voir les étoiles, dont l'une droit sur le sommet du mât de misaine était si brillante que chacun à bord y fit attention. » Cet œil de l'ouragan a donné lieu à toute une littérature, car c'est une des particularités les plus étranges des tempêtes tournantes tropicales. Hildebrandsson et Teisserenc de Bort ont résumé toutes les observations faites à ce sujet dans leur *Météorologie dynamique.* « La tourmente s'apaise d'une façon si brusque, qu'il se fait tout à coup un silence complet. Une bougie allumée peut brûler tranquillement en plein air sur le pont du navire. Des oiseaux, des poissons volants, des sauterelles, des papillons, vivants ou morts, tombent sur le pont. On voit par instants le soleil ou la lune et les étoiles. Mais le calme central n'est point un port de relâche. C'est ici que la mer est surtout terrible dans les tempêtes tournantes. Elle s'élève en véritables montagnes qui déferlent lourdement sur le navire. Soulevée en masses pyramidales, elle présente un amas confus de vagues pareilles à celles qui se brisent furieuses, sur les pointes d'un récif. C'est par ces vagues énormes que le navire est le plus souvent mis en danger. Ce n'est que par un travail surhumain, par le jeu continuel des pompes, que l'on parvient à épuiser l'eau qui entre de toutes parts et s'amasse dans la cale. Il faut des navires extrêmement bien construits pour traverser de telles épreuves sans y succomber. Aussi les marins cherchent-ils à tout prix à éviter le terrible « œil de l'ouragan ».

« On ne sait pourquoi » est de trop dans la description de Victor Hugo. Il semble probable que l'air, au-dessus du calme central, est doué d'un mouvement descendant très lent. Une descente lente cause un échauffement de l'air et de cette manière s'explique la dissolution plus ou moins complète des nuages, et une augmentation de température, qui a été observée quelquefois.

Les nuées terribles modelaient dans l'immensité des masques de gorgones, tout le dégagement d'intimidation possible se produisait, la pluie venait des vagues, l'écume venait des nuages, les fantômes du vent se courbaient, des faces de météores s'empourpraient et

s'éclipsaient, et l'obscurité était monstrueuse après ces évanouissements; il n'y avait plus qu'un versement, arrivant de tous les côtés à la fois; tout était ébullition; l'ombre en masse débordait; les cumulus chargés de grêle...

Nous dirions plutôt les cumulo-nimbus, les cumulus étant des nuages de beau temps.

...les cumulus chargés de grêle, déchiquetés, couleur cendre, paraissaient pris d'une espèce de frénésie giratoire, il y avait en l'air un bruit de pois secs secoués dans un crible.

Quelques auteurs anciens, tels qu'Aristote et Lucrèce, ont déjà dit qu'on entend un bruit très fort lorsqu'un nuage chargé de grêle s'approche du zénith. « C'est souvent, écrit Lucrèce, livre VI, le bris de la glace et la chute de ses débris qui résonnent ainsi au haut du ciel dans les grands nuages, quand pressés, resserrés par le vent, éclatent ces montagnes de vapeur où la grêle est contenue. » Plusieurs observateurs modernes ont confirmé cette assertion. Ce bruit n'est ni celui du tonnerre, ni celui de la tempête. Il est dû probablement aux grêlons qui se choquent entre eux au sein du cumlo-nimbus. Peltier l'a comparé au bruit que ferait un escadron de cavalerie arrivant au galop.

Les électricités inverses observées par Volta faisaient de nuage à nuage leur jeu fulminant, les prolongements de la foudre étaient épouvantables...
Une blancheur passa et s'enfonça dans l'ombre. C'était une mouette.
Pas d'apparition meilleure dans les tourmentes. Quand les oiseaux arrivent, c'est que l'orage se retire.
Autre signe excellent, le tonnerre redoublait.

Les phénomènes électriques se manifestent surtout pendant le passage de la deuxième moitié du cyclone. On accueille le grondement du tonnerre comme un bon signe. Suivant un dicton chinois : « S'il tonne, le typhon mollit » (cité par Zurcher et Margollé).

« Réjouis-toi s'il tonne », dit Michelet.

Le Père Froc, dans une étude très récente, écrit : « Les pilotes de la côte sud du Japon ont une tradition qu'ils énoncent sous forme de proverbe, qui peut se traduire ainsi, un peu sentencieusement :

« Le typhon ne prend pas l'orage
Pour son compagnon de voyage. »

Les suprêmes violences de la tempête la désorganisent. Tous les marins le savent, la dernière épreuve est rude, mais courte. L'excès de foudre annonce la fin. La pluie s'arrêta brusquement. Puis il n'y eut plus qu'un roulement bourru dans la nuée. L'orage cessa comme une planche qui tombe à terre. Il se cassa, pour ainsi dire. L'immense machine de nuages se défit. Une lézarde de ciel clair disjoignit les ténèbres. Gilliatt fut stupéfait, il était grand jour.
La tempête avait duré près de vingt heures.

C'est là une durée normale. C'est exactement celle qu'indique Varenius dans sa *Geographia naturalis :*

« *Violentus erumpens et rapida vertigine circa horizontem rotatus, assiduis incrementis horarum circiter viginti spatio circulum conficit, impeti horribili sævisque turbinibus vaste illa æquora vehementissime commovens.* »

« Le vent éclate d'abord avec violence, il tourne autour de l'horizon avec un mouvement de rotation rapide, augmentant en force, et il achève son circuit dans l'espace de vingt heures environ, produisant les commotions les plus violentes dans ces mers par la furie avec laquelle il souffle et par ses tourbillons terribles. »

Le vent qui avait apporté, remporta. Un écroulement d'obscurité diffuse encombra l'horizon. Les brumes rompues et fuyantes se massèrent pêle-mêle en tumulte, il y eut d'un bout à l'autre de la ligne des nuages un mouvement de retraite, on entendit une grande rumeur décroissante, quelques dernières gouttes de pluie tombèrent, et toute cette ombre pleine de tonnerres s'en alla comme une cohue de chars terribles.
Brusquement le ciel fut bleu.

Rien à redire à cette fin de tempête, fort belle par elle-même. Les détails en sont exacts.

Et maintenant, qu'on relise tout le morceau, qu'on replace, dans ce cadre, Gilliatt luttant avec une énergie surhumaine pour sauver son navire, les petits défauts, les erreurs que nous avons signalés passeront inaperçus, on se laissera entraîner à la magie du verbe, et on reconnaîtra que cette accumulation d'images jamais pareilles, tourmentées et confuses comme des nuées, donne une impression de grandeur et aussi de vérité, évoque vraiment le phénomène terrible qu'est une tempête en mer.

Et combien ternes, et inexactes dans leur sèche exactitude, nous paraissent les descriptions de nos traités de météorologie.

Miracle des mots, et du génie!

J. Rouch.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Viaud (M.). — **Cours de Poids et Mesures**, *tome I.* — *1 vol. de* 176 *p. L. Eyrolles, éditeur, Paris,* 1933 (*Prix :* 25 *fr.*).

Cet ouvrage constituera un traité complet des « Poids et Mesures » au point de vue administratif, juridique et technique. Dans la première partie, intitulée « Législation des poids et mesures » il donne des indications générales sur le rôle du service des poids et mesures et les attributions dévolues à ce service par l'importante loi du 2 avril 1919 sur les unités de mesure. Après avoir esquissé à grands traits l'historique du système métrique décimal, il suit l'évolution des unités de mesure et des étalons, base première de toute vérification scientifiquement conduite. La loi du 2 avril 1919 est exposée en détail, car elle confère au service des poids et mesures, non plus seulement la vérification des longueurs, masses, instruments de pesage et capacités, mais encore celle de tous les appareils employés dans les transactions commerciales et mesurant les grandeurs dont les unités sont définies par cette loi, tels que les appareils distributeurs de liquides : essence, lait, etc. ; les compteurs d'eau, de gaz (unités de volumes) les compteurs de calories (unités calorifiques, etc...). Il est donc essentiel de connaître les bases scientitifiques et juridiques sur lesquelles s'appuiera le service français des poids et mesures pour reprendre une place digne du pays qui donna au monde le système métrique.

L'ouvrage indique ensuite les prescriptions administratives se rapportant d'une part à la « vérification primitive » des instruments de mesures que ces instruments doivent subir avant mise en vente et livraison au public; d'autre pat à la « vérification pérodique » que les instruments subissent à intervalles déterminés. A cet égard il traite des obligations tant des constructeurs que des personnes utilisant des appareils de pesage et de mesurage. Les infractions qui peuvent être relevées à l'occasion de l'usage ou de la détention des instruments, sont étudiées en détail (contraventions et délits) en particulier en ce qui concerne les fraudes quantitatives.

Cet ouvrage écrit dans un esprit moderne, et faisant état des plus récentes prescriptions réglementaires, sera particulièrement utile aussi bien aux candidats aux carrières de l'administration des poids et mesures, qu'aux personnes déjà en rapport avec cet important service, pour lesquels il constituera une documentation complète.

L. Potin.

2° Sciences physiques

Dacos, *chargé de cours à l'Institut électrotechnique Montefiore, et* **Rousseau**, *Docteur ès Sciences, Ingénieur assistant à l'Université de Liége.* — **Mesures radio-électriques**. — *1 vol. de* 233 *pages, avec* 83 *fig.* (290 *gr. Paris* 1933. *Dunod, éditeur. (Prix, broché :* 25 *fr.).*

Le livre de MM. Dacos et Rousseau expose méthodiquement et sous une forme originale et simple les principes des mesures dont la connaissance est nécessaire pour entreprendre l'étude sérieuse de la technique radioélectrique. La lecture de ce livre qui n'exige que la connaissance des notions fondamentales de la théorie des courants alternatifs sans faire appel aux mathématiques supérieures est aussi nécessaire à l'étudiant qu'au technicien qui y trouvera un grand nombre de mises au point particulièrement intéressantes.

F. M.

***

Mesmy (René). — **Télévision et transmission des images**. — *1 vol. in-16 avec* 97 *figures. Armand Colin, éditeur. Paris,* 1933. *(Prix, broché ;* 10 *fr.* 50).

M. René Mesmy a su présenter avec la plus parfaite clarté, sous un volume réduit, tous les problèmes de la transmission des images et leurs solutions. Les « télégraphistes » y trouveront groupées une foule de questions disséminées dans des revues spéciales, et appelées à jouer un rôle capital dans la technique des transmissions; de nombreux renvois bibliographiques permettent de se reporter aux mémoires originaux.

L'auteur n'est pas resté dans les généralités qui risquent de ne laisser dans l'esprit que des images sans consistance; la documentation numérique est abondante, et de nombreuses figures, heureusement schématisées, permettent de prendre une connaissance rapide et complète des systèmes. Le succès de la télévision ne dépend pas seulement des appareils; il est tout autant, sinon plus, conditionné par les possibilités des transmissions radioélectriques : ce point de vue est examiné en détail. Soit au cours de l'ouvrage, soit dans les conclusions qui terminent les principaux chapitres, les faits acquis sont mis en lumière et un important chapitre est consacré à l'exposé des lois qui constituent le cadre quasi rigide dont ne peuvent sortir les réalisations, si ingénieuses soient-elles.

Ce livre s'adresse à tous ceux qui veulent se tenir au courant des progrès les plus récents de la science et de la technique, aujourd'hui inséparables.

L. P.

***

Molliex (P.). — **Recherches biochimiques sur la nutrition azotée du Bacillus fœcalis alcaligenes.**

— 1 *vol. in-8º de* 88 *p. E. Le François*, 1932 *(Sans indication de prix).*

Ce bacille, isolé en 1889, relativement peu étudié, paraît avoir cependant une importance certaine; c'est en effet l'agent propre de plusieurs affections intestinales à formes paratyphoïdiques. Au point de vue biochimique, il est peptolytique.

Son étude est très difficile, car il n'a pu être cultivé sur des milieux simplifiés, et son action sur les amino-acides et les sels ammoniacaux en milieux chimiquement définis est, pour ce motif inconnue.

J. M.

***

Grammont (Maurice), *Professeur à l'Université de Montpellier.* — **Traité de Phonétique.** — 1 *vol. in-8º raisin* (XII-480 *p.*), *avec* 179 *fig.* (*Prix : broché*, 60 *fr.*). *Delagrave, Paris*, 1933.

M. Grammont a consacré 30 années à l'étude des grandes lois de l'évolution phonétique en les retrouvant dans les principales langues humaines

Il a indiqué à mesure, dans divers articles de revues ou de mélanges, les principaux résultats qu'il obtenait; il les réunit aujourd'hui avec les développements qu'ils comportent, dans son Traité dont ils constituent la deuxième partie. Les grandes lois de l'évolution phonétique y apparaissent éclairées par plus de sept mille exemples, empruntés pour la majorité aux langues indo-européennes, comme il est naturel puisque ce sont les plus étudiées, et les mieux connues, mais aussi, à l'occasion, aux langues des familles les plus diverses, depuis l'annamite jusqu'au chahaptin, depuis le samoyède jusqu'au zoulou. Ces exemples peuvent être retrouvés aisément grâce à un index des mots placé à la fin du volume.

La première partie est consacrée à l'étude de la phonologie, c'est-à-dire des sons du langage et de leurs combinaisons, indépendamment des langues dans lesquelles ils peuvent entrer. Ici également l'auteur apporte des idées personnelles. Les deux problèmes principaux de la phonologie, le phonème et la syllabe n'avaient reçu jusqu'à présent que des solutions dont aucune n'était satisfaisante; il en donne des théories nouvelles et les vérifie par la phonétique expérimentale. Adonné de longue date à cette dernière discipline, il a imaginé des procédés nouveaux pour répondre à ces questions, qu'il envisageait sous un jour nouveau, et pour lesquelles les procédés anciens avaient échoué. De là le grand nombre de figures et de tracés qui ornent son livre.

La troisième partie traite de la phonétique impressive; c'est une des spécialités de l'auteur, et c'est la première fois qu'elle apparaît dans un traité de phonétique. Elle a pour objet d'étudier la valeur psychologique des phonèmes et de leurs combinaisons, l'impression qu'ils sont à même d'exercer sur notre entendement, les idées qu'ils peuvent nous suggérer ou évoquer en nous, et par suite l'emploi artistique dont ils sont susceptibles. L'auteur avait été le premier à faire, dès 1900, à l'occasion du trentenaire de la *Revue des Langues romanes*, une étude d'ensemble de la valeur impressive et expressive des éléments phoniques; il avait fondé par là cette partie de la phonétique qu'il présente ici avec des développements nouveaux. C'est dans cette partie surtout, mais aussi dans la deuxième, qu'il a montré le rôle que la psychologie joue dans la phonétique; en 1895 il était le premier à signaler ce rôle.

On comprendra par ce bref résumé, que cet ouvrage doit bien peu de choses à ses devanciers et qu'il est rare qu'un traité général soit à ce point original et personnel.

G. Pineau.

***

Schlag (A.). — **L'écoulement en conduites des liquides, gaz et vapeurs.** — *Les lois de l'écoulement. La mesure des débits.* — 1 *vol. de* 180 *pages, avec* 50 *fig. Dunod, éditeur, Paris*, 1933 (*Prix : broché*, 18 fr.).

La nécessité de ne négliger aucun élément du prix de revient, a conduit à récupérer des liquides ou des gaz rejetés jadis sans profit. D'autre part, dans les grandes usines, les gaz, l'air chaud, les vapeurs, les liquides les plus divers, circulent de division en division. Mais ce n'est pas seulement au sein d'une même usine que se font ces échanges, et on assiste, à l'heure actuelle, à des groupements de centrales, de manufactures et d'usines produisant et se répartissant entre elles la vapeur-énergie et la vapeur-chaleur.

L'étude du transport de gaz à longues distances entre les centres métallurgiques et les grandes villes est également à l'ordre du jour, spécialement aux Etats-Unis et en Allemagne.

La solution de ces problèmes exige une connaissance approfondie des lois de l'écoulement en conduites des liquides, gaz et vapeurs. Le contrôle des échanges et l'établissement des bilans nécessitent enfin l'installation d'appareils mesureurs de débit; par conséquent la science du transport des fluides a pris aujourd'hui, une importance énorme.

Dans ce livre, l'auteur s'est proposé de faire saisir le mécanisme de l'écoulement des liquides et des gaz, d'en étudier les lois essentielles et leurs applications aux problèmes de la pratique.

Il ne s'agit pas ici d'un traité d'hydraulique; aussi, sauf pour quelques questions dont la solution est rarement donnée dans les ouvrages classiques, l'auteur s'est abstenu de développements mathématiques. Il se contente d'indiquer comment le problème se pose et se met en équation, de souligner les hypothèses adoptées, d'y distinguer la part du raisonnement et celle de l'expérience. Il donne ensuite, la formule finale; de la sorte, le lecteur est en mesure de pouvoir juger par lui-même, du degré de confiance qu'il peut accorder à ces formules.

En s'efforçant d'avoir toujours en vue l'application pratique, cet ouvrage trouvera aussi bien sa place sur la table du technicien, que dans la bibliothèque de l'homme curieux du savoir de son temps. Il est ainsi assuré d'un accueil favorable, qu'il mérite largement.

L. P.

Maitre (A.). — **Photographie stéréoscopique.** — *1 vol. de 177 pages, avec planches hors texte. Gauthier-Villars et Cie, éditeurs. Paris,* 1932. (*Prix, broché :* 25 *francs.*)

La photographie stéréoscopique est un sujet beaucoup trop vaste pour être épuisé dans un aussi petit volume que celui dont il s'agit.

D'ailleurs l'ambition de l'auteur était d'expliquer aux amateurs, désireux de savoir, le pourquoi et le comment des opérations courantes, de les instruire sur le choix d'un format ou d'un matériel, sur l'écartement des objectifs, etc..., etc...

Il est difficile de se faire une opinion fondée sur ces divers sujets parce que les théories en sont à la fois arides et éparses dans maints ouvrages.

L'auteur s'est donc efforcé de les réunir et de les présenter clairement et simplement sans recourir aux formules mathématiques.

Pour rendre les explications tout à fait « frappantes » l'auteur a dessiné des planches que le lecteur devra détacher du volume afin de les examiner au stéréoscope; ainsi la vérité lui sautera aux yeux.

L'auteur a donné des conseils pratiques sur l'exécution des stéréogrammes et le choix du matériel.

Ce petit livre aidera à vulgariser davantage encore la stéréoscopie, application si attachante et si instructive de la photographie.

L. P.

3° Sciences naturelles.

Dive (Pierre). — **La Dérive des continents et les mouvements intra-telluriques.** — *1 vol. de* 60 *p., Dunod, éditeur. Paris,* 1933.

A voir le titre du présent volume on pourrait penser qu'il s'agit d'une étude purement géologique. En fait, une théorie géologique récente due à Wegener a bien été l'occasion de cet ouvrage. Les études mathématiques de l'auteur sur les rotations internes des astres fluides montrent qu'on ne peut opposer aux idées de Wegener des objections fondées sur la dynamique des fluides.

Une rotation en bloc ne s'impose pas pour les astres fluides en rotation et l'analyse mathématique montre bien pour les astres tournants formés d'un fluide visqueux, la possibilité de courants internes. Mais la viscosité du magma fluide dans lequel plongent les continents n'aurait-elle pas dû faire disparaître depuis longtemps tous les mouvements internes?

M. Dive a discuté ces objections; il a tiré des équations hydrodynamiques de Navier la conclusion que c'est une sphère d'un liquide mille fois moins visqueuse que l'eau qui donnerait à notre échelle une véritable image de la terre.

Les objections aux idées de Wegener ne semblent donc pas subsister de ce côté.

Le livre de M. Dives intéressera tout aussi bien le grand public que les spécialistes. Il fait connaître les traits saillants de la dérive des continents et les arguments en sa faveur qui lui paraissent les plus solides, où des considérations géologiques, géodésiques, et géographiques interviennent nécessairement. Une large place est naturellement tenue par des discussions d'ordre mécanique et on a cherché à se rendre compte de la grandeur des forces tirant vers l'Equateur les socles continentaux ainsi que de la dérive vers l'ouest. Mais certaines disjonctions continentales ne peuvent guère s'expliquer autrement que par l'hypothèse de courants du magma intérieur entraînant les continents, courants dont personne, avant l'auteur, n'avait cherché une cause systématique dans les conditions de la rotation de la terre considérée comme fluide. Cependant, il sera sans doute nécessaire d'introduire plus tard les faits dus à un déplacement de l'axe de rotation, nécessité qu'avait déjà signalée Marcel Bertrand en 1900.

Les déterminations actuelles de longitude donneront d'utiles renseignements sur la dérive présumée des continents. Mais peut-être que sur notre terre le phénomène n'a-t-il plus guère d'ampleur et tend-il à prendre un caractère périodique? Toutes ces questions et bien d'autres soulevées dans ce volume tenteront sans doute plus d'un chercheur. Un index bibliographique placé à la fin de l'ouvrage aidera beaucoup ceux qu'intéressent ces problèmes difficiles.

L. P.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 16 Août 1933.

Helmut Hasse : Théorie des restes normiques dans les extensions galoisiennes. — **Torsten Carleman** : Sur les systèmes linéaires aux dérivées partielles du premier ordre à deux variables. — **Silvio Minetti** : Sur la géométrie de l'holospace des fonctions holomorphes dans un même domaine et sur ses liens avec la théorie des équations différentielles ordinaires. — **F. de Kok** : Sur quelques propriétés d'une fonction à partie réelle positive. — **Tchang-Te-Lou** : Sur un régime anormal de fonctionnement des moteurs à combustion interne. — **Errera** et **H. Brasseur** : Le pouvoir inducteur spécifique et l'eau de cristallisation des aluns. — **Constantin Hrynakowski** et **Casimir Kalinowski** : Sur l'association de quelques dérivés de l'acide salicylique et sur la déformation de leurs molécules, déduites des mesures de la polarisation moléculaire diélectrique. — **Georges F. Gaubert** : Sur les appareils respiratoires à peroxydes alcalins (Oxylithes). — **D. Schneegans** : La subdivision de la Zone du Flysch au Sud de la Maurienne. — **Roger Lambert** : Observations géologiques dans la région comprise entre Agadez et Zinder (Niger). — Mlle **Françoise Bloch** et **Louis Gallien** : Sur un Copépode parasite de la ponte de *Carcinus moenas* Pennant (*Loecithomyzon moenadis*, n. g., n. sp.). — **Ch. Joyeux** et **J. B. Baer** : Le réencapsulement de quelques larves de Cestodes. — **Georges Blanc**, **M. Noury**, **M. Baltazard** et Mlle **Fischer** : Présence, chez le pou de l'écureuil de Gétulie, d'un virus récurrent, type hispano-africain, pathogène pour l'homme et le cobaye. — **M. Weinberg** : Sérothérapie de l'appendicite gangréneuse et de la péritonite.

Séance du 21 Août 1933.

A. Cotton : Sur l'emploi des indicateurs colorés pour déceler l'hétérogénéité des alliages. — **Hyacinte Vincent** : La sérothérapie anticolibacillaire. Résultats de son emploi dans les appendicites gangréneuses graves avec péritonite locale ou généralisée. — **L. Blaringhem** : L'habitus des Lins en rapport avec leur fécondité et leur sélection. — **A. Demoulin** : Sur une classe de familles de quadriques à deux paramètres. — **Helmut Hasse** : Applications au cas abélien de la théorie des restes normiques dans les extensions galoisiennes. — **Van Der Lyn** : Sur l'existence d'intégrales approchées de l'équation $y' = f(x, y)$. — **Jacques Valensi** : Sur le champ des vitesses à l'arrière des hélices aériennes propulsives. — Mme **G. Flammarion** et **M. F. Quenisset** : Sur l'apparition d'une tache blanche à la surface de Saturne. — **Nicolas de Kolossowsky** : Contribution à la théorie thermodynamique des liquides. — **Nicolas de Kolossowsky** et **W. W. Udowenko** : Mesure des chaleurs spécifiques moléculaires de quelques liquides. — **Max Morand** et **A. Hautot** : Nouvelles données sur la structure du rayonnement K des atomes très légers. — **G. Jouravsky**, **P. Charczenko** et **G. Choubert** : Sur la susceptibilité magnétique des magnétites de quelques roches éruptives basiques. — **J. Coulomb** : Nature discontinue des ondes de Love. — **Claudius Limb** : La visibilité du Mont-Blanc à partir de l'Observatoire de Fourvière, à Lyon. — Mlle **C. Bourdouil** : Sur quelques caractères intermédiaires des hybrides de deuxième génération entre espèces de Pisum (*P. sativum* avec *P. arvense*). — **Alphonse Labbé** : Sur la présence de spicules siliceux dans les téguments des Oncidiadès. — **Harry Plotz** : Rôle des cellules embryonnaires dans la culture du virus de la peste aviaire. — **C. Regaud**, **G. Grigouroff** et **Eud. Villela** : Sur la formation d'une race hybride de cellules épidermiques mucipares, pendant la transformation métaplasique de l'épithélium du canal utérin, qui précède ou accompagne la cancérisation.

Séance du 28 Août 1933.

Hyacinthe Vincent : Rôle de l'intoxication colibacillaire dans l'étiologie de certains troubles mentaux. Leur guérison par le sérum anticolibacillaire. — **E. O. Lovett** : Sur certaines courbes qui généralisent les coniques. — **J. Mirguet** : Sur certaines surfaces possédant un plan tangent. — **Jean J. Placinteanu** : Considérations théoriques sur la constitution des neutrons, électrons positifs et photons. Existence des protons négatifs. — **Jean-Louis Destouches** : Les principes de la Mécanique ondulatoire générale et les connexions entre les diverses Mécaniques abstraites. — **A. P. Rollet** et **W. Graff** : Analyse thermique du système chlore-oxytrichlorure de phosphore. — **Sébastien Sabetay** : Le trichlorure d'antimoine, nouveau réactif de la double liaison. — **Michel Bolgarsky** : Quartzites à magnétite du cercle de Man et de ses environs (Côte d'Ivoire). — **O. Duboscq** et Mlle **O. Tuzet** : Quelques structures des amphiblastules d'Eponges calcaires.

Séance du 4 Septembre 1933.

A. Lacroix : Sur une chute de météorite survenue au Cambodge le 9 janvier 1933. — **Georges Claude** : Sur la réalisation prochaine d'une usine Claude-Boucherot sur bateau. — **Arnaud Denjoy** : Sur les continus cycliques plans. — **L. Tchakaloff** : Sur un problème de minimum concernant une certaine classe de polynômes. — **A. Ratib** : Sur une propriété du tourbillon dans le mouvement plan permanent d'un fluide visqueux incompressible. — **Wenceslas Jardetzky** : Sur les petites oscillations d'une masse fluide isolée dans l'espace. — **Benjamin Jekhowsky** : Sur le nombre probable d'astéroïdes que l'on peut découvrir avec les moyens actuels d'observation. — **L. Médard** : L'effet Raman de l'acide sulfurique. — **H. Wunschendorff** et Mme **P. Valier** : Réaction du chromate de potassium sur le chlo-

rure de manganèse en solutions saturées. — **Georges Blanc** et **L. A. Martin** : Sensibilité du lapin et de l'homme au virus de la stomatite des Ovins.

Séance du 11 Septembre 1933.

H. Deslandres : Sur certaines régularités qui apparaissent dans la succession des phénomènes solaires. — **A. Demoulin** : Sur une extension de la notion de transformation conforme aux espaces d'ordre supérieur à deux. — **Etienne Audibert** et **André Raineau** : Sur l'état physique des catalyseurs solides. — **Volmar** et **Duquenois** : Sur les conditions de fixation de SbO^2H par quelques monoacides-monoalcools. — **Paul Corsin** : La flore dévonienne de Caffiers (Bas-Boulonnais). — **Paul Wintrebert** : La mécanique embryonnaire des Amphibiens, considérée, d'une manière épigénétique, comme un enchaînement de structures et de fonctions transitoires.

Séance du 18 Septembre 1933.

S. Michlin : Le problème biharmonique fondamental à deux dimensions. — **André Markoff** : Sur les espaces vectoriels considérés comme groupes topologiques. — **Jacques Valensi** : Sur la loi de variation du pas des tourbillons se détachant des pales d'une hélice propulsive en fonction de V/nD ; application au calcul de la circulation ; vitesse, puissance. — **Marcel Schwob** : Sur la biréfringence électrique du camphre. — **Roger Dolique** et **André Grangiens** : Sur les deux formes de l'acide phosphoreux. — **H. Gault** et **L.-A. Germann** : Sur la méthylène-butanolone. — **C. V. Gheorghiu** : Sur la dissociation ionique des dérivés de la 2-thiotétrahydro-1,2,3,4-quinazoline.

Séance du 25 Septembre 1933.

Jean Perrin : Remarques au sujet des neutrons. — **Edgard Baticle** : Le problème de la répartition. — **A. Demoulin** : Sur quelques classes de congruences. — **W. Silvio Minetti** : Sur la géométrie de l'holoespace des fonctions holomorphes dans un même domaine et sur ses liens avec la théorie des équations différentielles ordinaires. — **H.-R. Crane, C Clauritsen** et **A. Soltan** : Production artificielle de neutrons. — **G.-A. Boutry** : Sur l'influence de l'ouverture des faisceaux utilisés dans la mesure des densités photographiques. — **H. Hulubei** et Mlle **Y. Cauchois** : Emission X caractéristique d'éléments à l'état gazeux. Spectre K du xénon (émission et absorption). — **André Giberton** : Méthode de dosage colorimétrique de l'hydrogène sulfuré, des sulfures et des hyposulfites. — **R. Levaillant** : Obtention de quelques éthers-sels de la chlorhydrine sulfurique ou de l'acide sulfurique. — **Jacques Fromaget** : Sur la présence de roches intrusives alcalines dans la zone charriée néotriasique des plateaux calcaires du Tonkin occidental. — Mme **Y. Labrouste** : Contribution à la caractérisation de l'agitation magnétique. — **Paul Wintrebert** : Mosaïque, régulation, épigénèse. — **Fernand Chodat** et **Fernand Wyss-Chodat** : Les déshydrogénases au cours de staphylolyse. Méthode pour l'évaluation de la lyse bactérienne. — Mme **Angélique Panayotatou** : Sur les modifications de quelques souches de Bacilles Shiga sous l'influence du Bactériophage, à Alexandrie (Egypte).

ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS

Séance du 25 Juillet 1933.

Correspondance officielle. — M. **le Ministre de la Santé publique** : Rapports des Services de vaccination pour l'année 1932 dans 20 départements. — M. **l'Inspecteur départemental d'Hygiène de Loir-et-Cher** : Rapport annuel sur les Epidémies en 1932 dans ce département.

Nomination de la Commission des vacances.

Présentations d'ouvrages imprimés. — M. **Vargas** : *Traité de Pédiatrie.* — M. **Paillot** : *L'infection chez les insectes.* — M. **Dumas** : Tome III du *Nouveau traité de Psychologie.*

Rapport. — M. **Brouardel** : L'emploi du sulfure de carbone dans la désinfection des denrées alimentaires.

Lecture. — M. **Massias** : 1° Un cas de septicémie puerpérale à streptocoque hémolytique, avec néphrite, myocardite, congestion pulmonaire double, érythèmes, infectieux diffus. Guérison par la sérothérapie anti-streptococcique (sérum de Vincent). 2° Adéno-phlegmon cervical streptococcique profond et très grave, traité et guéri par la même méthode.

Séance du 3 Octobre 1933.

Correspondance officielle. — M. **le Ministre de la Santé publique** : Affections épidémiques. Demande d'autorisation d'exploitation de sources minérales. — M. **le Préfet du Haut-Rhin**, M. **l'Inspecteur de l'Assistance publique des Hautes-Pyrénées** : Documents concernant la protection de l'enfance.

Correspondance non officielle. — **Académie de Béarn** : Lettre invitant l'Académie de Médecine à se faire représenter à l'inauguration du monument **Moureu.** — MM. **Rappin** et **Doussain** : Envoi d'un ouvrage intitulé : *Considérations sur l'étiologie des maladies infectieuses.* — M. **Velu** (de Casablanca) : Lettre de candidature.

Nécrologie. — Décès de MM. **Quénu**, **Hayem** et **Hanriot.** Allocution de M. **le Président**. — M. **Cunéo** : Notice nécrologique sur M. **Quénu**. — M. **Loeper** : Notice nécrologique sur M. **Hayem.**

Présentation d'un ouvrage imprimé. — M. **Bandaline** : *Lutte internationale contre le cancer.*

Communication. — M. **Béclère** : Le cancer des radiologistes.

Lecture. — M. **Soupault** : Hydro-pancréatose calculeuse.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 2 Juin 1933

M. P. Sève a fait construire un type d'électro-aimant de petite puissance destiné aux expériences et aux travaux courants. Il a recherché la simplicité de fabrication, la rigidité et le facile accès de l'entrefer, plutôt que l'obtention des champs élevés. — M. G. Ranque :

Expériences sur la détente giratoire avec productions simultanées d'un échappement d'air chaud et d'un échappement d'air froid. L'auteur montre que les écoulements giratoires sont assimilables à des machines capables d'opérer des transformations énergétiques dans le milieu fluide qui les constitue, ou entre ce milieu et le milieu ambiant, la singularité de ces machines consistant en ce que leurs organes mobiles sont constitués par des nappes de fluides en mouvement à l'exclusion de tout organe solide. L'étude des écoulements giratoires conduit à énoncer les règles suivantes : 1° Dans tout écoulementgiratoire, il existe une nappe active de fluide en mouvement, et cette nappe délimite une zone centrale ou axiale en dépression. 2° Lorsque la nappe active d'un écoulement giratoire hélicoïdal est suffisamment épaisse et longue, et sous certaines conditions, il se produit une migration d'énergie des couches centrales vers les couches externes de cette nappe active. Les expériences sont réalisées au moyen d'un gros tube ouvert, dans la section médiane duquel débouche un petit tube tangentiel. En envoyant par ce dernier de l'air comprimé, l'air en mouvement giratoire sort également par chaque extrémité du gros tube. Pour montrer qu'il est distribué en une nappe mince contre les parois du gros tube, et que toute la zone centrale est en dépression, on introduit entre le petit tube tangentiel et une extrémité du gros tube un diaphragme annulaire à ouverture centrale; alors l'air insufflé ne peut sortir que par l'extrémité non diaphragmée, et il se produit une forte aspiration par l'autre extrémité. Dans un écoulement hélicoïdal de 12 mm. de diamètre, avec nappe active de 2 mm. d'épaisseur, alimenté par de l'air comprimé à 1 kg./cm², la chute de pression entre l'extérieur et l'intérieur de la nappe active est couramment de l'ordre de 0,25 kg./cm². Ces différences de pression entraînent entre les couches superposées des différences de vitesse considérables, entraînant à leur tour des frottements notables, de sorte que, si la nappe active est assez longue, il tend à s'établir un régime d'équilibre pour lequel toutes les couches acquièrent la même vitesse angulaire. Il y a donc migration centrifuge d'énergie, les couches centrales cédant leur vitesse aux couches externes. Lorsque le fluide utilisé est un gaz, on constate alors ce phénomène paradoxal de voir s'échauffer fortement un tube dans lequel se détend de l'air comprimé. Avec de l'air comprimé à 6 kg./cm², l'auteur a pu porter la température du tube à 80° en moins d'une demi-minute, tandis que l'air qui s'échappe de l'appareil est plus froid que dans la détente ordinaire. Au lieu d'assurer l'évacuation de l'énergie des couches externes sous forme de chaleur traversant les parois de la chambre d'action, on peut évacuer le fluide même dont sont formées ces couches externes, en ménageant des orifices à l'extrémité et au voisinage des parois de la chambre d'action. On obtient ainsi un débit d'air chaud, d'une part, froid, de l'autre, dont la différence de température peut atteindre jusqu'à 50°. L'auteur montre enfin que le phénomène de migration d'énergie avec production d'air refroidi dans la zone centrale de l'écoulement giratoire permet de donner une explication plausible de la formation de la grêle. — MM. **G. Chaudron** et **J. Hérenguel** : *Purification industrielle du magnésium par sublimation dans le vide.* Actuellement, le magnésium est généralement traité sous un bain protecteur de sels fondus; on obtient ainsi un métal ou des alliages renfermant des inclusions de sels et saturés de gaz, impuretés qui en modifient considérablement les propriétés physiques et chimiques. Les auteurs purifient le magnésium brut par sublimation dans le vide, à 600°, dans une chaudière en acier, rigoureusement étanche, divisée en trois compartiments; le magnésium en vapeur se condense à 400° dans la chambre du milieu sous forme de grands cristaux fibreux très brillants. La fusion de ce magnésium sublimé se fait aux environs de 650°, sous une atmosphère de quelques centimètres d'argon, seul gaz usuel qui ne réagisse pas avec ce métal. Un échantillon de magnésium d'une dureté Rockwell de 50 donne, après sublimation, puis fusion, une dureté de 40 ; l'allongement passe de 6 à 16 %. Ces méthodes de purification et de fusion s'appliquent au calcium.

L. Br.

Séance du 16 Juin 1933.

MM. **L. Dunoyer** et **P. Paounoff** : *Sur un certain régime de fonctionnement de cellules photo-électriques à atmosphère gazeuse.* Ce régime est caractérisé par le fait que, sous des éclairements d'une centaine à quelques centaines de lux, la loi de variation du courant avec la tension change plus ou moins brusquement, le courant augmentant d'une manière beaucoup plus rapide et atteignant des valeurs qui ne sont réalisables, avec d'autres cellules, qu'en régime de décharge luminescente. Mais, alors que cette décharge est irréversible, en ce sens qu'elle ne cesse pas quand l'éclairement cesse, le régime, dit « deuxième régime », reste contrôlé par l'éclairement. Les nouvelles expériences des auteurs sur ce sujet montrent que le deuxième régime ne peut pas résulter uniquement de phénomènes d'ionisation se produisant dans l'atmosphère gazeuse de la cellule. Il doit correspondre à une augmentation du taux d'émission électronique de la cathode. Une augmentation de l'émission photo-électrique primaire, résultant d'une modification progressive de la couche sensible, n'expliquerait pas certains des faits observés. Il semble nécessaire d'admettre que le bombardement de la couche sensible par les ions positifs est capable, lorsque ces ions atteignent une certaine vitesse, de produire une ionisation directe des atomes de cette couche, et par conséquent une émission électronique secondaire, non photo-électrique, rappelant celle qui se produit dans l'arc électrique. Il va de soi qu'une telle émission peut provoquer aussi une modification progressive de la couche, augmentant sa sensibilité photo-électrique proprement dite. La forme de la cellule, la disposition des électrodes et des surfaces isolantes, jouent ici un rôle important. — M. **P. Paounoff** : *Potentiomètre rotatif à grand intervalle de tension.* — M. **G. Frey** : *Conditions photographiques à observer pour les enregistrements à densité variable du son sur film.* Pour éviter les défauts qui se font sentir lors de la reproduction du son sur film cinématographique, il est nécessaire, entre autres, que des conditions photographiques déterminées soient strictement observées. Les valeurs de densités et des gammes doivent être

choisies de telle sorte que la courbe reliant la différence de potentiel aux bornes du modulateur de lumière à la quantité de lumière tombant sur la cellule photo-électrique de l'appareil de reproduction soit une droite. L'importance de défaut diminue lorsque la densité photographique augmente. L'auteur montre comment les procédés d'enregistrement dits « noiseless » remédient à ce défaut en ayant précisément pour but d'augmenter la densité photographique pour les faibles amplitudes.

L. Br.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Mai 1933.

M. **F. Caridroit** : *Dimorphisme sexuel des rémiges secondaires dans la race de Canards « Kaki Campbell ».* Dans la race Kaki Campbell, les rémiges secondaires du mâle diffèrent normalement par leur forme des rémiges secondaires de la femelle, tandis que, dans la race de Rouen, le dimorphisme n'est qu'à l'état potentiel. On peut expliquer cette différence entre les deux races par un ovaire plus actif et un seuil de féminisation plus bas chez les Canes Kaki Campbell. — MM. **C. Levaditi**, **G. Hornus** et Mlle **R. Schoen** : *Cécité spontanée chez les Singes de l'espèce* Macacus rhésus. Les Simiens de l'espèce *Macasus rhesus*, en captivité, sont susceptibtes de contracter une maladie névraxique, caractérisée par de la cécité, due à des lésions de démyélinisation intéressant le nerf optique, le chiasma et le faisceau optique de la région pulvinar. Il s'agit d'un processus analogue à celui constaté chez les animaux de la même espèce atteints de la maladie de Schilder-Foix (sclérose diffuse périaxile, sclérose cérébrale centrobolaire). — MM. **C. Levaditi**, **P. Ravaut** et **Jean Levaditi** : *Essais d'adaptation du virus lymphogranulomateux (maladie de Nicolas et Favre) au testicule et au névraxe du Cobaye.* L'inoculation intraganglionnaire et intratesticulaire du virus lymphogranulomateux, chez le Cobaye, détermine des altérations légères des ganglions lymphatiques périphériques et des lésions intenses du testicule. Le germe reste présent au moins 10 à 12 jours dans le tissu lymphatique et le testicule. Il paraît difficile de réaliser des passages en série de ganglions à ganglions, ou testicule, et encore plus une adaptation du virus au névraxe. La culture du virus lymphogranulomateux dans le tissu orchitique est pauvre en unités microbiennes. — M. **N. Constantinesco** : *Sur le neurotropisme des néoplasmes de la Souris.* Le sarcome de Souris n'offre aucun tropisme pour le système nerveux. Le cerveau des Souris, porteuses d'un tel sarcome sous la peau du dos, ne transmet pas des tumeurs à des Souris neuves. Quand le sarcome se développe dans l'encéphale même, à la suite d'une inoculation intracérébrale, la virulence de la substance nerveuse est strictement rattachée à la présence d'un nombre suffisant de cellules néoplasiques. Le tissu nerveux qui avoisine la tumeur, quoiqu'il ne soit pas complètement exempt de cellules tumorales, inoculé sous la peau des Souris neuves ne reproduit pas la tumeur. — MM. **L. Mercier** et **L. Gosselin** : *Un cas de survie de l'épithélium bronchique observé au cours de la greffe du lymphadénome massif du poumon de la Souris.* La conservation en survie de l'épithélium d'un fragment de bronche au sein d'une masse cancéreuse après 16 jours de transplantation paraît être liée au jeu des trois causes suivantes : 1° à la vitalité spéciale de l'épithélium vibratile des voies respiratoires ; 2° à l'action possible d'un principe par les cellules cancéreuses ; 3° au biotropisme négatif des cellules néoplasiques vis-à-vis de l'épithélium. — M. **Raymond Nardi** ; *Observations sur la structure des noyaux* d'Hypnum purum *L.* Noyaux quiescents et interphasiques de cette Mousse sont caractérisés par un réseau chromatique, des chromocentres, un nucléole unique toujours accompagné d'un « corps annexe ». Leur structure est comparable à celle des Conifères, ce qui semblerait témoigner d'une certaine identité cytologique entre Archégoniées de types pourtant fort différents. — MM. **L. Nattan-Larrier** et **L. Grimard-Richard** : *Perméabilité placentaire et tension superficielle du sérum.* On sait que les sérums hétérologues, injectés dans les vaisseaux de la femelle pleine ne peuvent traverser le placenta que s'ils sont additionnés d'oléate de soude ou de sels biliaires. Or ces corps ainsi que l'ovalbumine et les savons ont la propriété d'abaisser la tension superficielle du sérum auxquels ils sont mélangés. Mais les auteurs ont montré que lorsqu'ils sont injectés dans le cœur de la femelle pleine ce n'est pas en abaissant la tension superficielle du sérum de l'animal qu'ils modifient la perméabilité placentaire. — MM. **F. Rathery** et **I. Cosmulesco** : *L'hyperglycémie provoquée chez le Chien normal. Etude du sucre libre, et étude du sucre protéidique.* L'administration de glucose *per os* ou en injection intraveineuse ne produit pas de façon constante au bout de 3/4 d'heure une augmentation du sucre libre ; le sucre protéidique subit des augmentations encore moins fréquentes. Les deux glycémies varient d'une façon assez indépendante l'une de l'autre. L'intensité des variations des glycémies est différente avec chaque animal et est indépendante du taux de la glycémie initiale ainsi que du taux du glycogène contenu dans le foie. Par contre chez un même animal le taux des variations secondaires à une même dose de glucose injectée à plusieurs jours d'intervalle est assez constant, surtout pour le sucre libre. — M. **Golovanoff** : *Contribution à l'étude de l'anaphylaxie digestive.* L'auteur a réalisé expérimentalement la eensibilisation par la voie digestive, c'est-à-dire l'anaphylaxie alimentaire chez le Cobaye. Les expériences ont montré que des quantités minimes non transformées de substances albuminoïdes étrangères peuvent être réellement absorbées par la paroi digestive. Leur absorption en nature est capable de créer l'hypersenbilité de l'organisme vis à-vis de ces mêmes substances. — M. **A. Guilliermond** : *Production de cristaux de chlorures d'anthocyane par la méthode de Klein et coexistence fréquente d'anthocyane et de composés flavoniques dans les cellules épidermiques de certaines fleurs.* — MM. **A. Tournade** et **J. Malméjac** : *Le réflexe cardio-moteur sinusien peut-il s'accomplir ou non par l'intermédiaire du vague opposé au nerf de Héring qu'on excite ?* Le réflexe cardio-inhibiteur sinusien peut bien s'accomplir suivant un trajet croisé, l'excitation empruntant comme voie centrifuge le vague opposé au nerf de Hering qu'on excite. — M. **André Lwoff** : *La fonction*

du sang dans les cultures des Trypanosomides. Le flagellé trypanosomide *Strigomonas fasciculata* ne peut se multiplier dans les milieux peptonés qu'en présence d'une quantité, très petite, de sang. Ce fait est dû à une déficience en « système catalytique respiratoire », due elle-même à ce que le Flagellé est incapable de faire la synthèse de la protoporphyrine. Cette déficience fonctionnelle caractérise biochimiquement le parasitisme de *Strigomonas fasciculata.* — M. **Pierre Hatt** : *L'induction d'une plaque médullaire secondaire chez le Triton par implantation d'un morceau de ligne primitive de Poulet.* — M. **Maurice Parat** : *A propos de l'organisation du spermatozoïde.* — M. **H. Vincent** : *Nouvelles remarques sur les cryptotoxines et les antitoxines.*

Séance du 10 Juin 1933.

Mlle **A. Bron** : *Pénétration des fibres nerveuses dans les ébauches des membres chez l'embryon de poulet.* Les fibres nerveuses ne se glissent que secondairement dans les membres, alors que ceux-ci représentent déjà un certain volume. Il est difficile de dire si la première fibre qui franchit la base des membres est de nature motrice ; mais comme les fibres sensitives sont beaucoup moins nombreuses et plus fines que les motrices organisées en un faisceau compact, il semble bien que l'innervation primitive des ébauches des membres soit le privilège des fibres motrices. — MM. **Théophile Chann** et **Jacques Houget** : *Le métabolisme des glucides, lipides et protides au cours d hyperthermies.* Au cours des hyperthermies provoquées par le 1-2-4 dinitrophénol il y a : combustion rapide et complète des réserves hydrocarbonées, mobilisation et utilisation importantes des lipides et des lipides phosphoriques, légère dégradation de protides. Ces résultats doivent être applicables à tous les cas d'hyperthermies, puisqu'on les retrouve lorsque celle-ci se déclanche sans action d'un agent pharmacologique. — MM. **Miguel Ozorio de Almeida**, **A. Chauchard** et Mme **B. Chauchard** : *Action de l'anémie cérébrale sur la chronaxie et les caractères de l'excitabilité du pneumogastrique respiratoire.* L'anémie cérébrale, étudiée expérimentalement sur le Chien, produit, dans la plupart des cas, une modification des conditions de l'excitabilité de l'appareil respiratoire qui se traduit par une augmentation de la chronaxie et une diminution du temps de sommation. — M. **A. Chauchard**, Mme **B. Chauchard** et M. **Denissoff** : *Variations de la chronaxie de l'écorce cérébrale sous l'influence des excitations thermiques périphériques.* L'excitabilité corticale change notablement sous l'action des excitants périphériques. Il y a : abaissement de la chronaxie par le refroidissement, augmentation par l'échauffement. Ces variations ne sont pas exclusivement localisées aux points moteurs de la patte soumise aux excitations thermiques ; elles s'étendent aux autres points moteurs du même hémisphère. Une seconde excitation peut, suivant les cas, augmenter ou annuler la variation précédente. Il semble bien que ces changements de chronaxie ne puissent s'expliquer que par un mécanisme nerveux. — MM. **S. Mutermilch**, **M. Belin** et Mlle **E. Salamon** : *Sensibilité de la toxine diphtérique vis-à-vis de l'oxygène et action protectrice du sérum.* La toxine diphtérique produite par un microbe aérobie résiste infiniment mieux à l'action des substances oxydantes que la toxine élaborée par un germe anaérobie. L'action protectrice du sérum apparaît nettement, mais à un degré moindre qu'avec la toxine tétanique. — M. **A. Lacassagne** : *Métaplasie épidermoïde de la prostate provoquée chez la Souris par des injections répétées de fortes doses de folliculine.* — MM. **Ach. Urbain**, **G. Guillot** et **P. Bullier** : *Etude bactériologique de la septicémie des Tanches* (Tinca vulgaris *L.*). Le germe étudié se rapproche beaucoup du Bacille paratyphique A par ses caractères morphologiques et biologiques. Par contre il s'en éloigne par le fait qu'il n'est pas agglutiné par un sérum antiparatyphique A. Sans action sur les animaux de laboratoire, ce Bacille est très pathogène pour les Poissons : Tanches et Carpes. Il apparaît donc comme pouvant être un agent assez fréquent de certaines affections, à allure contagieuse, sévissant sur les Poissons des étangs et des viviers. — MM. **H. Bierry** et **F. Rathery** : *Vitamines B et métabolisme des glucides.* — MM. **H. Bierry**, **F. Rathery** et Mlle **Levina** : *Les variations des sucres libre et protéidique au cours des localisations pulmonaires de la grippe.* Les localisations pulmonaires de la grippe s'accompagnent de modifications des glycémies : élévation du sucre libre (hyperglycémie) précoce et peu durable, et élevation du sucre protéique (hyperprotéidoglycémie) plus tardive mais plus persistante. Le sucre protéidique s'élève même lorsque le sucre libre reste normal. Les formes graves, compliquées ou traînantes semblent se caractériser par des hyperprotéidoglycémies. — MM. **F. Rathery** et **I. Comnulesco** : *Les variations des glycémies après la splénectomie.* La splénectomie provoque chez le Chien une augmentation des glycémies, presque constante pour le sucre libre, un peu moins fréquente pour le sucre protéidique. Elle semble modifier les effets de l'hyperglycémie provoquée, mais les différences particulières à chaque animal sont de peu d'étendue. — M. **Maurice Huri** : *L'antivirusthérapie locale suivant la méthode de Besredka dans le traitement des infections intestinales aiguës et chroniques.* L'antivirusthérapie donne d'excellents résultats dans le traitement des infections intestinales aiguës et chroniques, à la condition d'être appliquée *per os* ou *per rectum* ou par les deux voies à la fois. La condition primordiale de la réussite est d'employer les antivirus *larga manu*, plusieurs fois par jour, de façon à accroître le plus possible le temps de contact du filtrat avec la muqueuse intestinale. — M. **René Wurmser** et **J.-A. de Loureiro** : *Le potentiel d'oxydo-réduction de l'acide ascorbique.*

Séance du 17 Juin 1933.

M. **Renaud Paulian** : *Sur la croissance de l'encéphale chez les Téléostéens.* La croissance du système nerveux central des Poissons obéit à une loi de dysharmonie simple $y = Kx^{\alpha}$, c'est-à-dire qu'elle se comporte comme la croissance des Invertébrés. La valeur du coefficient α varie. Chez les Poissons examinés, appartenant à 18 espèces différentes elle varie entre 0,5 et 0,77. Dans un même genre, lorsqu'on compare deux espèces dont les tailles

maxima sont différentes, on constate que les coefficients α varient en sens inverse de ces tailles, alors que, au contraire, K varie dans le même sens sans qu'il apparaisse actuellement, entre ces nombres, une relation mathématique précise. — M. **Ch. Achard**, Mlles **Jeanne Lévy** et **Isabela Potop** : *Sur la créatinine ultrafiltrable.* 1° Chez le Chien les teneurs en créatinine du sérum et du plasma sont équivalentes (22 mgr. à 29 mgr. p. 1.000). 2° Chez le Chien, la teneur en créatinine du sérum est plus élevée que chez l'homme normal (14 à 20 mgr. p. 1000). 3° La créatinine est entièrement ultrafiltrable chez l'homme et chez le Chien ; aussi bien à l'état normal que dans divers états pathologiques, la créatinine se trouve à l'état libre dans le sang. — MM. **M. Belin**, **S. Mutermilch** et Mlle **E. Salamon** : *Etude du pouvoir protecteur de certains sels sur les toxines tétaniques et diphtériques.* Les toxines tétanique et diphtérique trouvent les substances protectrices contre les diverses causes de destruction, la la chaleur et le vieillissement notamment, non seulement parmi les substances organiques, mais aussi, quoique à un degré infiniment plus faible, parmi les substances minérales, donc parmi les colloïdes hydrophiles et parmi les électrolytes. Cela est d'ailleurs conforme à ce que l'on sait des substances protectrices en général. — M. **Léon Velluz** : *Recherches sur la pseudo-globuline antidiphtérique.* C'est au complexe protéidique « pseudoglobuline » qu'il faut attribuer, semble-t-il, la propriété antitoxique du sérum antidiphtérique : indépendamment de la constitution chimique, la structure physicochimique y conditionne étroitement l'existence et l'intensité de la propriété anticorps. Délipidée et encore antitoxique, la pseudoglobuline antidiphtérique renferme d'ailleurs sensiblement le même pourcentage d'azote (14,33) que la même pseudoglobuline dénaturée par l'alcool absolu bouillant (14,22) ou encore que la pseudoglobuline normale (14,09). — MM. **P. Remlinger** et **J. Bailly** : *Action de la dilution, de la chaleur et de l'éther sulfurique sur le virus de la maladie d'Aujeszky.* Le virus de la maladie d'Aujeszeky se comporte, à l'égard de la chaleur, de l'éther, de la dilution, sensiblement comme le virus rabique. Il est par contre beaucoup plus résistant que lui à la dessiccation. — Mlle **Denyse Sachs**, MM. **Boris Ephrussi** et **Louis Rapkine** : *Sur les propriétés réductrices de l'extrait embryonnaire. Les déshydrases.* Les expériences résumées dans la présente Note, montrent que le pouvoir réducteur de l'extrait embryonnaire est, tout au moins en partie dû à la présence de systèmes diastasiques déshydrogénants. — MM. **Harry Plotz** et **Boris Ephrussi** : *La culture de la peste aviaire en présence de cellules vivantes non proliférantes.* Le virus de la peste peut être cultivé en présence de cellules vivantes qui ne se multiplient pas. — MM. **E. Harde** et **P. Henri** : *Les tumeurs des Souris ont-elles pour origine des causes extra-cellulaires?* Les auteurs n'ont pas trouvé un neurotropisme dans les greffes tumorales des Souris. Dans 2 cas sur 6 ils ont obtenu des tumeurs (sarcome américain) après l'injection de foie de Souris porteuses de grandes greffes de ce néoplasme. Dans un de ces cas il y a des métastases. L'addition de cellules hépatiques à une suspension de cellules tumorales dans l'eau physiologique peut augmenter la virulence de ces dernières. La présence d'une cause extra-cellulaire pour le sarcome de la Souris ne semble donc pas encore démontrée. — MM. **C. Ninni** et **J. Bretey** : *Sur les divers degrés de résistance des trois types de Bacilles tuberculeux dans l'eau physiologique à l'étuve à 37°.* L'eau physiologique à 37° tue le Bacille de Koch après des délais variables selon qu'il s'agit de Bacilles du type mammifère ou du type aviaire (6 jours dans le premier cas, 60 à 80 jours dans le second, les conditions étant les mêmes). La grande résistance du Bacille aviaire explique la facilité avec laquelle on peut observer des cas de contagion. Pour ce Bacille dans sa forme normale (*smooth*) le nombre d'éléments cultivables est certainement supérieur à 40.000.000 par mgr. — Mlle **Odette Tuzet** : *Sur la colorabilité de la tête des spermies de Gastéropodes.* — MM. **L. Nattan-Larrier** et **L. Grimard-Richard** : *Tension superficielle du sérum et action des sérums hétérologues normaux et antitoxiques.*

Séance du 24 juin 1933.

M. **Ch. Dubois** : *La prémunition dans la mélitococcie ovine et caprine.* L'injection de *Brucella abortus* P. vivants à des Brebis et à des Chèvres vides, faite dans un but de prémunition, aussitôt après la période d'invasion de la mélitococcie, entraîne la suppression presque complète des avortements, des cas de stérilité et des pertes d'agneaux. L'injection du même vaccin vivant à des Brebis pleines, au cours de la période d'invasion de la maladie, entraîne une diminution très sensible du nombre des avortements, des cas de stérilité et des pertes d'agneaux. — M. **A. Chauchard**, Mme **B. Chauchard** et M. **P. Denissoff** : *Mesure de la réaction de l'écorce des deux hémisphères cérébraux aux excitations thermiques périphériques unilatérales.* Les excitations périphériques par le froid abaissent la chronaxie de l'écorce cérébrale, tandis que les excitations par la chaleur l'élèvent, chez le Chien. Les modifications apportées à l'excitabilité corticale par ce genre de stimulations s'étendent non seulement aux diverses zones motrices d'un même hémisphère, mais encore à celle des deux hémisphères, et toujours dans le même sens. Elles présentent un maximum que l'on saisit tantôt sur l'hémisphère homolatéral, tantôt sur l'hémisphère croisé suivant l'ordre des mesures. — Mlle **Denyse Sacbs**, MM. **Louis Rapkine** et **Boris Ephrussi** : *Sur les propriétés réductrices de l'extrait embryonnaire. Quelques facteurs d'établissement du potentiel limite.* Sans pouvoir se prononcer sur le mécanisme intime de l'action des groupements sulfhydrilés de l'extrait embryonnaire, les auteurs coucluent que la suppression de ceux-ci par l'acide monoiodacétique influe aussi bien sur la vitesse de réduction que sur le potentiel limite de cet extrait.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit. 1, rue de la Bertauche, Sens. — 10-33